

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

1. With Beam Which was Prepared on Substrate and Connected to Reference Terminal The 1st edge and 2nd edge are fixed to the substrate, and **** or compression acts between said 1st edge and 2nd edge by bending of the substrate according to the magnitude of the physical parameter which it is going to measure. Beam which directs the physical parameter which can vibrate with the resonance frequency decided according to the **** or compression, and the resonance frequency tends to measure;

The 1st electrode from which it is the 1st electrode prepared near said the beam 1st side, and a beam vibrates, and the distance between the beam and 1st electrode changes, and the 1st capacitance between a beam and the 1st electrode changes according to vibration of a beam;

It is the 2nd electrode prepared in said the near 1st opposite side 2nd side of said beam. A beam vibrates and the distance between a beam and the 2nd electrode changes to hard flow to the distance between said beam and said 1st electrode. For the 1st capacitance between the 1st electrode and a beam, the 2nd capacitance between the 2nd electrode is said beam and the 2nd electrode from which it changes conversely.;

Inverter by which the input was connected to said 1st electrode and the output was connected to said 2nd electrode;

Transistor resonance unification microbeam structure where it provided.

2. Said Inverter : Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said 1st Electrode, 2nd Terminal Connected to Said 2nd Electrode, and 3rd Terminal Connected to Said Reference Terminal;
Load impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 2nd terminal of the transistor, and was connected to the electrical-potential-difference terminal;
Microbeam structure according to claim 1 of providing.

3. Microbeam structure according to claim 2 which possesses further feedback impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 1st terminal of said transistor, and was connected to the 2nd terminal of the transistor.

4. Said 1st Electrode is Capacity Sensor.;

Said 2nd electrode is an electrostatic driver.;

Microbeam structure according to claim 3.

5. Said Transistor is N-Channel Field-effect Transistor.;

The 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the gate, a drain, and the source, respectively.;

Microbeam structure according to claim 4.

6. Said Transistor is Bipolar Transistor.;

The 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the base, a collector, and an emitter.;

Microbeam structure according to claim 4.

7. Microbeam structure according to claim 5 which consists of resistor and capacitor by which said load impedance was mutually connected to juxtaposition.

8. Beam Structure Established into Substrate;

Driving means which the beam structure is approached and it is prepared, and beam structure is driven [driving means] and vibrates it according to a driving signal;

A detection means to approach said beam structure, and for it to be prepared, to detect vibration of the beam structure, and to obtain a detecting signal;

Circuit means for connecting with said driving means and detection means, and changing the detecting signal from a detection means into the driving signal for driving means;

Unification microbeam structure where it provided.

9. Said Beam Structure Has Resonance Frequency.;

The magnitude of the parameter with which the resonance frequency affects said beam structure is directed, and beam structure changes resonance frequency as a result of the effect.;

Microbeam structure according to claim 8.

10. The Beam with which the 1st Edge and 2nd Edge are Fixed to a Substrate, and **** or the Compression Which Produces by Bending of Substrate according to Magnitude of Physical Parameter Which it is Going to Measure Acts between Said 1st Edge and 2nd Edge, Have [it is Prepared into a Substrate, and] the Resonance Frequency Which Changes according to the **** or Compression with the Beam Connected to Reference Terminal, and the Resonance Frequency Instructs a Physical Parameter to be;

The 1st electrode prepared in the beam 1st side so that said beam vibrates, the distance between the beam aligned with said resonance frequency, and changed, and the 1st capacitance between beams might be inversely proportional to the distance between the beam as a result and it might change;

The 2nd electrode from which the 2nd capacitance between beams is as in phase as said 1st capacitance, and it changes by being prepared in said the beam 1st side, and the distance between the beam changing in proportion to the distance between a beam and said 1st electrode;

Non inverter by which the input was connected to said 1st electrode and the output was connected to said 2nd electrode;

Transistor resonance unification microbeam structure where it provided.

11. Said Non Inverter : 1st Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said 1st Electrode, 2nd Terminal Connected to Said Reference Terminal, and 3rd Terminal;

Inverter by which the input terminal was connected to the 3rd terminal of said transistor, and the output terminal was connected to said 2nd electrode;

Microbeam structure according to claim 10 of providing.

12. Microbeam structure according to claim 11 which possesses further the feedback impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to said 1st terminal of said 1st transistor, and was connected to said 3rd terminal.

13. Said 1st Electrode is Sense Electrode.;

Said 2nd electrode is a drive electrode.;

Microbeam structure according to claim 12.

14. Said Inverter : 2nd Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said 3rd Terminal of Said 1st Transistor, and Has 2nd Terminal Connected to the 1st Terminal, and 3rd Terminal Connected to Electrical-Potential-Difference Terminal;

The 3rd transistor which has the 3rd terminal which has the 1st terminal connected to said 2nd electrode, and has the 2nd terminal connected to the 2nd terminal of said 2nd transistor, and was connected to said electrical-potential-difference terminal;

Impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 1st terminal of the 3rd transistor, and was connected to said reference terminal;

Microbeam structure according to claim 13 of providing.

15. Said Non Inverter : Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said 1st Electrode, 2nd Terminal Connected to Electrical-Potential-Difference Terminal, and 3rd Terminal Connected to Said 2nd Electrode;

Load impedance which has the 2nd terminal connected to the 1st terminal connected to the 3rd terminal of the transistor, and said reference terminal;

Microbeam structure according to claim 10 of providing.

16. Microbeam structure according to claim 15 of providing further the feedback impedance which has the 2nd terminal by which said non inverter has the 1st terminal connected to said 1st terminal of said transistor, and was connected to said 2nd terminal of the transistor.

17. Said Transistor is N-Channel Field-effect Transistor.;

Microbeam structure according to claim 16 where the 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the gate, a drain, and the source, respectively.

18. Said Transistor is Bipolar Transistor.;

The 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the base, a collector, and an emitter.;

Microbeam structure according to claim 16.

19. With 1st Beam Which was Prepared into Substrate and Connected to Reference Terminal The 1st edge and 2nd edge are fixed to the substrate, and **** or compression acts between the 1st edge and 2nd edge by bending of the substrate according to the magnitude of the physical parameter which it is going to measure. The 1st beam with which have the resonance frequency decided according to

the **** or compression, and the resonance frequency instructs said physical parameter to be;
 With the 2nd beam which approached the 1st beam, was prepared and was connected to the reference terminal The 1st edge and 2nd edge are fixed to the 1st and 2nd edges of the 1st beam. If separate fixed distance from the 1st beam, it is arranged in parallel with the 1st beam, the same **** or compression as the 1st beam acts and the 1st beam vibrates The 2nd beam mechanically combined with the 1st beam as vibrated with the same resonance frequency as the 1st beam, and the phase shifted 180 degrees to the 1st beam and vibrated;

With the 1st electrode prepared in the 1st beam 1st side opposite to said the 1st beam 2nd side which is a side near the 2nd beam by approaching The 1st electrode which has the 1st distance which changes to the 1st beam when the 1st beam vibrates, and has the 1st capacitance between the 1st beam which is inversely proportional to said 1st distance, and changes with the resonance frequency of the 1st beam;

With the 2nd electrode prepared in the 2nd beam 1st side opposite to said the 2nd beam 2nd side which is a side near said 1st beam by approaching The 2nd electrode which has the 2nd distance which changes to the 2nd beam when the 2nd beam vibrates, and has the 2nd capacitance between the 2nd beam which is inversely proportional to said 2nd distance, and changes with the resonance frequency of the 2nd beam;

Non inverter by which the input was connected to said 2nd electrode and the output was connected to said 1st electrode;

Transistor resonance unification microbeam structure where it provided.

20. Said Non Inverter : 1st Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said 2nd Electrode, 2nd Terminal Connected to Said Reference Terminal, and 3rd Terminal;

Load impedance which has the 2nd terminal connected to the 1st terminal and the 1st electrical-potential-difference terminal which were connected to the 3rd terminal of the 1st transistor;

Inverter by which the input terminal was connected to the 3rd terminal of the 1st transistor, and the output terminal was connected to said 1st electrode;

Microbeam structure according to claim 19 of providing.

21. Microbeam structure according to claim 20 which possesses further the feedback impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 3rd terminal of said 1st transistor, and was connected to the 1st terminal of the 1st transistor.

22. Said 1st Electrode is Driver Electrode.;

Said 2nd electrode is a sensor electrode.;

Microbeam structure according to claim 20.

23. Said Inverter : 2nd Transistor Which Has 1st Terminal, Has 2nd Terminal Connected to Said Output Terminal of Inverter, and Has 3rd Terminal Connected to 2nd Electrical-Potential-Difference Terminal;

The 3rd transistor which has the 3rd terminal which has the 1st terminal connected to the 1st terminal of the 2nd transistor, and has the 2nd terminal connected to said reference terminal, and was connected to the 2nd terminal of the 2nd transistor;

Input impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to said input terminal of an inverter, and was connected to the 1st terminal of the 2nd and 3rd transistors;

Microbeam structure according to claim 22 of providing.

24. Said Non Inverter : Non, Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said Input Terminal of Inverter, 2nd Terminal Connected to Electrical-Potential-Difference Terminal, and 3rd Terminal Connected to Said Output Terminal of Non Inverter;

Load impedance which has the 2nd terminal connected to the 1st terminal connected to the 3rd terminal of the transistor, and said reference terminal;

Microbeam structure according to claim 19 of providing.

25. Microbeam structure according to claim 24 of providing further the feedback impedance which has the 2nd terminal by which said non inverter has the 1st terminal connected to the 1st terminal of said transistor, and was connected to the 2nd terminal of the transistor.

26. Said Transistor is N-Channel Field-effect Transistor.;

Microbeam structure according to claim 25 where the 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the gate, a drain, and the source, respectively.

27. Said Transistor is Bipolar Transistor.;

The 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the base, a collector, and an emitter.;

Microbeam structure according to claim 25.

28. 1st Beam in which Vibrating Thing Which was Established into Substrate is Possible;

The 2nd beam in which the vibrating thing which the 1st beam was approached and was established into the substrate is possible;

The 3rd beam in which the vibrating thing which said 2nd beam was approached and was established into said substrate is possible;

The 1st electrode which has the capacitance of the value which approaches said 1st beam and changes according to the vibrational motion of the 1st beam to the 1st beam;

The 2nd electrode which has the capacitance of the value which approaches said 2nd beam and changes according to the vibrational motion of the 2nd beam to the 2nd beam;

The 3rd electrode which has the capacitance of the value which approaches said 3rd beam and changes according to the vibrational motion of the 3rd beam to the 3rd beam;

Inverter by which the input was connected to said 1st and 3rd electrodes, and the output was connected to said 2nd electrode;

It provides. The edge of said 1st, 2nd, and 3rd beams is fixed to said substrate, and it connects with the reference terminal, and has the resonance frequency which changes by relation with **** or compression produced according to the physical development which has a certain magnitude applied to the edge of the 1st, 2nd, and 3rd beams of this adjournment, and the resonance frequency directs the magnitude of physical development.;

Transistor resonance unification microbeam structure.

29. Said Inverter : Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said Input of Inverter, 2nd Terminal Connected to Reference Terminal, and 3rd Terminal Connected to the Inverter Aforementioned Output;

Load impedance which has the 2nd terminal connected to the 1st terminal and electrical-potential-difference terminal which were connected to the 3rd terminal of the transistor;

Microbeam structure according to claim 28 of providing.

30. Said 1st and 3rd Electrodes are Capacitive Detection Electrodes Which Detect Vibrational Motion of Said 1st and 3rd Beams, Respectively.;

Those with electrostatic drive ***** which said 2nd electrode drives said 2nd beam, and vibrates with said resonance frequency;

It drives so that it may vibrate with said resonance frequency through mechanical association by being close to the 2nd beam while said 1st and 3rd beams are vibrating.;

Microbeam ***** according to claim 29.

31. Microbeam structure according to claim 30 which possesses further the feedback resistor which has the 1st and 2nd terminals connected to the 1st and 3rd terminals of said transistor, respectively.

32. Said Transistor is N-Channel Field-effect Transistor.;

Microbeam structure according to claim 31 where the 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the gate, the source, and a drain, respectively.

33. Said Transistor is Bipolar Transistor.;

The 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the base, an emitter, and a collector.;

Microbeam structure according to claim 31.

34. Beam Which Has 1st Edge Fixed to Substrate, and 2nd Edge Which Vibrates Freely;

The 1st electrode arranged so that the 1st capacitance which will change if the beam is approached and a beam vibrates between the beam may be formed;

The 2nd electrode arranged so that the 2nd capacitance which a phase will shift from said 1st capacitance about 180 degrees, and will change if said beam is approached and a beam vibrates between the beam may be formed;

Transistor resonance unification microbeam structure where it provided.

35. Microbeam structure according to claim 34 which possesses further the inverter by which the input was connected to said 2nd electrode and the output was connected to said 1st electrode.

36. Said Inverter : Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said 1st Electrode, 2nd Terminal Connected to Said 2nd Electrode, and 3rd Terminal Connected to Said Beam;

Load impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 1st terminal of the transistor, and was connected to the electrical-potential-difference terminal;

Microbeam structure according to claim 35 of providing.

37. Microbeam structure according to claim 36 which possesses further the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 1st terminal of said transistor, and was connected to the 2nd terminal of the transistor.

38. Said 1st Electrode is Electrostatic Driver.;

Said 2nd electrode is a capacity sensor.;

Microbeam structure according to claim 37.

39. At Least One Beam by Which End Section was Fixed at Least to Substrate;
Electrostatic drive electrode which the at least one beam is approached and it is prepared, and the at least one beam is driven [electrode] and vibrates it;
Capacity sense electrode for approaching the at least one beam, being prepared, and detecting vibration of the at least one beam;

The buffer/amplifier circuit where the input was connected to the capacity sense electrode;
Transistor resonance unification microbeam structure where it provided.

40. Microbeam structure according to claim 39 where the output of said buffer/amplifier circuit is connected to said electrostatic drive electrode.

41. Two or More Beams Arranged at Least by Approaching the at Least One Beam of Other in the Plurality Respectively with Two or More Beams of Each by Which End Section was Fixed to Substrate so that Vibration of Each Beam May be Mechanically Combined with Other at Least One Beam in Two or More of the Beams;

At least one capacity sense electrode arranged by approaching at least one beam in two or more of the beams;

At least one electrostatic drive electrode arranged by approaching at least one beam in said two or more beams;

Circuit where the input was connected to the at least one capacity sense electrode;
Transistor resonance unification microbeam structure where it provided.

42. Microbeam structure according to claim 41 where the output of said circuit was connected to said at least one electrostatic drive electrode.

43. Microbeam structure according to claim 42 where said circuit is an inverter.

44. Said Inverter : Transistor Which Has 1st Terminal Connected to Said Input of Said Circuit, 2nd Terminal Connected to Said Output of Said Circuit, and 3rd Terminal Electrically Connected to Said Two or More Beams;

Load impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 2nd terminal of the transistor, and was connected to the electrical-potential-difference terminal;
Feedback impedance which has the 2nd terminal which has the 1st terminal connected to the 1st terminal of said transistor, and was connected to the 2nd terminal of the transistor;

Microbeam structure according to claim 43 of providing.

45. Said Transistor is N-Channel Field-effect Transistor.;

Microbeam structure according to claim 44 where the 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the gate, a drain, and the source, respectively.

46. Said Transistor is Bipolar Transistor.;

The 1st, 2nd, and 3rd terminals of the transistor are the base, a collector, and an emitter.;

Microbeam structure according to claim 44.

47. Microbeam structure according to claim 42 where supply driver voltage to at least one electrostatic drive electrode with which said circuit approached at least one beam in said two or more beams, and the driver voltage has the rate of the at least one beam in two or more of the beams, and the component of an inphase.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

A unification resonance microbeam sensor and transistor oscillator Background of invention Especially this invention relates to a resonance unification microbeam sensor (RIMS) about a resonance sensor. This invention relates to the transistor and RIMS oscillator which were unified in more detail.

The single transistor resonance microbeam device was developed as an object for narrow band filters in the 1960s, and was called a "resonant gate transistor" or "RGT." In GRT, although the one apparatus oscillator (self-resonance mold) was taken out as a demonstration product, it was required for the same frequency to use two RGT devices which took alignment. When the device of those both showed 90-degree phase deviation by the resonance point and impressed a signal to one beam instead of a drive electrode of a device, 180 more-degree phase deviation was obtained. The analysis about this resonant gate transistor is fundamentally applicable to this invention, and since an electrostatic drive and capacitive detection of vibrator essentially amplify input voltage for the scale factor of Q with resonance frequency even if the actual voltage gain of a transistor resonance microbeam pair is smaller than 1, a full open loop gain can become larger than 1.

Outline of invention This invention is in an easy and cheap means for driving a resonance unification microbeam sensor in the resonance point by which the single transistor in which the thing of a RIMS device made immediately next is possible was used on the chip. A microbeam is in switch-on, and it has ground potential, and a drive and a sense electrode are usually put on the both sides of a resonance microbeam.

Instead of closing a loop formation for self-resonance, this invention can impress input voltage to a drive electrode, and it can be used for it also as a narrow-band passage filter by taking an output with a drain or a collector. I hear that a transistor and a resonance microbeam are made from the process moreover optimized for each by coincidence, and the advantage of the device of this invention has them in it. Since the drive electrode and the sense electrode of each other are put on the opposite side about the beam, when the capacitance of one electrode decreases, the capacitance of the electrode of another side increases, by this, I hear that self-resonance is possible for the main differences between this invention and the conventional RIMS device (included in this application by U.S. Pat. No.

5,275,055 [/ else / Zook / of issue], and reference on January 4, 1994), and there are. According to the configuration of this invention, I hear that can realize a resonance distortion transducer using larger gain than 1, this can be compensated according to a suitable microstructure, and an impression stimulus of a pressure, acceleration, the force, and others can be measured, and it is.

The conventional RIMS sensor was a thing based on the principle of detecting the deflection of a microbeam using a piezo-electric resistor. this invention -- a transistor -- using -- a microbeam -- it is based on the principle of performing capacitive detection of a variation rate, and a transistor is used in order to drive a beam on the other hand and to maintain self-resonance. (In this application specification, the vocabulary a "microbeam" and a "beam" may be used for homonymy) . Moreover, bias of the amplifier is carried out to a linearity field using the Takanao style impedance feedback resistor. Although a transistor RIMS device needs to make a transistor on the same chip as a resonance microbeam at coincidence, since a piezo-electric resistor is excluded, the whole manufacture process is by no means complicated compared with piezo-electric resistance mold RIMS structure.

Since this invention has the description in using a far easy polish recon process and does not have a sense current, it has the advantage in which there is no i2R heating of a beam. This is the general description which capacity drive / sense method has compared with a piezo-electric resistance

method.

If it summarizes, the device of this invention will be the micro electric machine oscillator which consisted of a mechanical vibration member, two electrodes, and transistor structure, and the frequency of an oscillator will be decided by a mechanical vibration child's oscillation frequency. Two electrodes of each other are preferably arranged to the opposite side to an oscillating beam or an oscillating member. The electrode of one of these is connected to the input of a transistor, and another electrode is connected to the output of a transistor. Electrostatic drive and capacitive detection are performed to coincidence, and a resonance microbeam distortion sensing element is operated with the resonance frequency.

By the resonance unification micro sensor, a sensor technique can regain the delay of the technique of digital electronics. It is easy to treat the information, i.e., digital information, which takes one of two conditions rather than an analog signal, and the fundamental view made to digitize almost all signal processing tended to maintain information precision. A RIMS device is attained by abolishing the error of the form of the drift produced by the analog circuit by carrying out direct conversion to the signal to which the variable detected in this target was switched. The information detected is memorized in the form of a switching frequency.

An example of such a sensor is a RIMS sensor. Formation of a vacuum enclosure microbeam was attained as a result of the advance latest [in formation of the three-dimension silicon fine structure by the micro machining technique]. The resonance frequency of a microbeam is decided by the geometric property and mechanical characteristic, and is unrelated to the electrical property. However, almost as the condition of the bowstring of a musical instrument changes with extent of relaxation or stress, resonance frequency will change, if the distortion on a beam changes. All distortion combined with a microbeam through sensor structure produces change of the frequency of a sensor output. This false digital signal is the complicated analog after buffer magnification was carried out. A control system is directly supplied through digital (A/D) conversion. Although induction distortion may be produced with a pressure, acceleration, a temperature air current, or humidity by the design of the fine structure formed a microbeam and in the shape of a monolithic, it is not necessarily generated only by these.

By the silicon resonance microbeam method, precision, the outstanding stability, and the outstanding dynamic range can be attained. A RIMS device is a very high quality (Q) multiplier exceeding 100,000, and the frequency stability (it is proved that it is said that several ppm (1/1 million) will be shown also after progress in several years.) over a long period of time. Furthermore, the sensor responsibility which this kind of sensor showed big frequency transition by impression distortion ($\Delta f/f > 1400 \cdot \Delta l/l$), therefore was excellent is secured. Therefore, a RIMS sensor can be used in order to detect many physical variables and environment variables over a large dynamic range as it is also at high sensibility and unprecedented prolonged stability, and moreover, the direct-input signal to a digital circuit is acquired. Although a frequency output is directly obtained in a RIMS oscillator, this is very desirable for a high performance digital sensor. A direct counter and a reference clock can perform conversion to digital data from electrical frequency. It is thought that this combination is generally the easiest and is accuracy and an analog digital translation process with the highest cost effectiveness most. Furthermore, a variable frequency output can be transmitted without an error covering various distance, and, moreover, a drift, distortion, and external interference are not almost. Since a resonance sensor changes a detection variable into a frequency essentially, compared with the conventional A/D-conversion method, easy nature, dependability, and discrimination nature are also improved. The digital read-out equipment of a proper is completely suitable for today's digital control system.

The resonance sensor has been used in order to perform high precision measurement over many years. RIMS structure is perfect monolithic silicon structure, and since a RIMS method does not have other ingredients (namely, piezoelectric material, a magnetic material, or a metal) subordinately, it has the remarkable advantage as compared with other resonance sensors like a crystal oscillator. Annealing processing is usually carried out at an elevated temperature (950 degrees C of for example, ** Centigrade), and RIMS structure produces neither a creep nor stress relaxation at the temperature more than the usual sensor operating temperature (-50 degrees C thru/or +150 degrees C), and becomes stability completely.

Easy explanation of a drawing Drawing 1 a is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of a single beam and the single transistor RIMS.

Drawing 1 b is the circuit diagram of the equal circuit of the electronic circuitry of drawing 1 a.

Drawing 1 c is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of the transistor RIMS

incorporating a bipolar transistor.

Drawing 2 a is the plan of the single transistor single beam RIMS made by the silicon unification circuit.

Drawing 2 b is the side elevation of the beam element of the device of drawing 2 a.

Drawing 3 is the wave form chart showing the phase relation between movements and the electronic signals of the beam of RIMS.

Drawing 4 shows the feedback resistor which has the main tap by which capacity coupling was carried out to the ground.

Drawing 5 a and 5b show other two deformation modes of a feedback resistor.

Drawing 6 shows a patagium resonance beam.

Drawing 7 shows a ***** dual beam resonator.

Drawing 8 a and 8b are the outline circuit diagrams of the electronic circuitry of the sense electrode arranged at the side with one same beam, and a drive electrode.

Drawing 9 a and 9b show the structure and the electronic circuitry of the dual beam RIMS.

Drawing 10 a thru/or 10d of the structures and the electronic circuitries of the triple beam RIMS are shown.

Drawing 11 a thru/or 11c show cantilever beam structure.

Drawing 12 a is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of closed-loop cantilever beam structure.

Drawing 12 b is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of open loop cantilever beam structure.

Drawing 12 c is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of closed-loop cantilever dual beam structure.

Drawing 12 d is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of open loop cantilever dual beam structure.

Explanation of an operation gestalt Drawing 1 a is the outline circuit diagram of the transistor RIMS device 10. The equal circuit is shown in drawing 1 b. Since it connects with the reference voltage terminal or the ground electrically, the resonance microbeam 14 has been illustrated as touch-down beam structure. The electrostatic drive electrode 16 and the capacitive sense electrode 18 are arranged at the both sides of a beam 14. The sense electrode 18 detects movement or vibration of a beam 14 through change of the capacitance between a beam 14 and the sense electrode 18. An electrode 18 and a beam 14 form in practice the electrode of capacitance C_s which changes according to the distance between a beam 14 and an electrode 18 at the time of vibration of a beam 14 in that case. The signal which shows the relation between a beam 14 and an electrode 18 is supplied to the gate 28 of FET26. The drive electrode 16 is connected to the drain 24. The drain 24 constitutes the output 35 of a circuit 10. Drive a beam 14 electrostatic and an output 35 makes it exercise, and it supplies a driving signal to an electrode 16 so that vibration with the resonance frequency may be made to maintain. The capacitance C_d corresponding to this resembles the relation between a beam 14 and the sense electrode 18 at the structure of the drive electrode 16, and a related list with the beam 14. The drain 24 of FET26 is connected to the end of the load impedance from which the loading resistor 32 and the load capacitor 34 were connected and constituted by juxtaposition. The other end of load impedance is connected to the voltage source V_{+33} . The value of a loading resistor 32 and the load capacitor 34 is influenced in part for this resonance frequency range with regards to the resonance frequency range of a beam 14 by the forward and/or negative tension which joins a beam. The input and phase by which the signal of the output 35 of a circuit 10 is supplied to the gate 28 are shifted 180 degrees. This is because electrodes 18 and 16 are in the opposite side of a beam 14, it actually reached [upper] capacitive electrode pair 14 and the distance relation between 16, and 14 and 18 has shifted 180 degrees in the phase. The source 36 of FET26 is connected to the reference terminal or the ground 31. An end is connected to the drain 24 of FET26, and, as for the feedback impedance 38, the other end is connected to the gate 28 of FET26, respectively. The feedback impedance 38 gives fixed negative feedback, and stabilizes the gate bias of FET26 so that FET26 may operate within the limits of the request of the performance characteristics. The resistor which has the value of about 108-ohm order should just be used for the feedback resistor 38. This invention is explained in connection with a field-effect transistor. However, this invention can be carried out even if it uses the combination of a bipolar transistor or a field-effect transistor, and a bipolar transistor.

Drawing 1 c shows the same circuit 15 as drawing 1 a, and the point that a circuit 15 has not FET26 but the bipolar transistor 25 differs from the circuit of drawing 1. That is, the base 29, the collector

23, and emitter 27 of a bipolar transistor 25 are formed instead of the gate 28 of FET26, a drain 24, and the source 36, respectively.

Drawing 2 a shows the plan of the layout 30 of Transistor RIMS, and drawing 2 b shows the cross section of the RIMS structure 20 of having n form electric conduction beam 14, a substrate or the p-n junction drive electrode 16 in the lower layer epitaxial item 22, and the ion-implantation sense electrode 18 in shell. Although the role of these two electrodes 16 and 18 can be exchanged mutually, that the configuration of drawing 2 a and 2b was chosen has an electrode 16 and the more large capacitance to the ground of a substrate 20, therefore it is because it is suitable by this configuration driving a beam 14. The load capacitance 34 is intentionally enlarged by using the big drain electrode 24. The sense electrode 18 should make the capacitance to a ground small, and the impregnation in the poly shell which was combined with the gate of a contiguity transistor and which is not doped is shallow like illustration. Although the direct-current leak resistance of polish recon gives direct-current bias to the gate 28 with the potential of a drain 24, feedback capacitance to which alternating current gain is reduced by negative feedback is not given. About the source 36 and a drain 23, diffusion is performed, respectively.

The description of a configuration of being shown in drawing 2 a and 2b is saying that the electric conduction beam 14 forms a ground plane between a sense electrode and the drive electrode 16. The direct electrical-potential-difference feedback by capacity coupling considered to become the cause of producing a vibration unrelated to dynamic movement of a beam 14, by the screening of this ground plane is prevented. Only physical movement of a beam 14 changes sense capacitance, and makes the gate 28 produce alternating voltage in the beam 14 grounded ideally.

Drawing 3 shows the phase relation between the main signals in various components. The feedback resistor 38 can be formed by the polish recon which is not doped, and it has the very large resistance of about 108 ohms, and the direct current voltage of the gate 28 is set up so that a transistor may be turned on on the low current level near the threshold level in the high interest profit field of the performance curve. the time of a beam 14 displacing a variation rate x towards the drive electrode 16 (drawing 2 a caudad) -- forward -- it considers as a variation rate. Since the gap of a sense capacitor increases, the forward displacement x means reduction of sense capacitance. to drawing 3, a RIMS oscillator is various -- physical and the phase relation of an electric action are shown. A curve 40 expresses a variation rate x and a curve 41 expresses a rate x. The capacity change about sense capacitance is expressed by the curve 42. Here, the alternating current impedance to the ground of sense / gate electrode is assumed to be a very high thing so that the charge in an oscillating period may be kept constant. Therefore, reduction of capacitance Cs expressed by the curve 42 means the increment in a sense electrical potential difference expressed by the curve 43. When there is no capacitive load (CL=0), a phase will shift about 180 degrees to the same, the electrical potential difference VD of the drain 24 with which it is expressed by the curve 45, i.e., driver voltage, gate voltage as the sense electrical potential difference expressed by the curve 43. Moreover, under such conditions, a phase shifts 180 degrees to the drive current as which driver voltage 45 is expressed by the curve 44. However, in an actual device, since a capacitive load 34 is not zero, a phase is in driver voltage 45. Therefore, the capacity component of the driver voltage 45 expressed by the curve 46 is the rate 41 and inphase of a beam 14, and suits conditions required in order to maintain vibration of a beam 14. Drawing 1 b shows the equal circuit for the analysis of this invention.

The semantics of the notation used in this equal circuit is as follows.

$$C_s = \frac{\epsilon_o A_s}{h_s + x} := \text{センス容量}$$

$$C_d = \frac{\epsilon_o A_d}{h_d - x} = \text{駆動容量}$$

Vs= direct-current sense electrical potential difference Vd= direct-current driver voltage
 \bar{V}_s = 複素センス電圧振幅

\bar{V}_d = 複素駆動電圧振幅

Cg= effective gate capacitance CL= load capacitance Gd= drain conductance GL= load conductance
 Yf= feedback admittance (microscopic smallness)

Effective mass of m = microbeam Mechanical rigidity of k = microbeam $r = \frac{m\omega_0}{Q} = \text{減衰係数}$

Charge on q_s = sense electrode Charge on q_d = drive electrode Charge on q_g = gate electrode
Imaginary part of Im = complex Thickness of h_b = beam A primitive equation is expressed as follows.

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = \frac{q_d^2}{2\epsilon_0 A_d} - \frac{q_s^2}{2\epsilon_0 A_s} \quad (1)$$

$$V_d = \frac{q_d}{C_d} = \frac{q_d(h_d - x)}{\epsilon_0 A_d} = \text{駆動コンデンサ電圧}$$

$$\bar{v}_d = -g_m \bar{v}_s Z_1 \quad \text{小信号トランジスタの場合} \quad (2)$$

$$V_s = \frac{q_s}{C_s} = \frac{q_s(h_s + x)}{\epsilon_0 A_s} = \text{センスコンデンサ電圧}$$

$q_g = -q_s$ (almost equal to a preservation charge)

$$\therefore \bar{v}_s = \frac{C_s V_{so}}{(C_g + C_s)(h_s + x_1)} x_1 = \text{センス電圧} \quad (3)$$

In the analysis in Min Q, the conditions of resonance can be derived by assuming that it is the case of a small signal and expressing an equation 1 with an ehomegat term.

$$(-m\omega^2 + j\omega r + k)x_1 = \frac{C_d^2 V_{do}}{\epsilon_0 A_d} \bar{v}_d - \frac{C_s^2 V_{so}}{\epsilon_0 A_s} \bar{v}_s$$

An imaginary term is expressed with a degree type.

$$\omega r x_1 = \frac{C_d^2 V_{do}}{\epsilon_0 A_d} \text{Im}(\bar{v}_d) \quad (4)$$

Next, an upper type (2), (3), and (4) are combined, and a degree type is obtained.

$$\omega r x_1 = \frac{C_d V_{do}}{(h_d - x_o)} \frac{C_s V_{so} g_m \text{Im}(-Z_1)}{(C_g + C_s)(h_s + x_o)} x_1$$

共振のための条件を得るには、 $\omega = \omega_0$ 及び $r = \frac{m\omega_0}{Q}$ と置くと、

$$\frac{m\omega_0^2}{Q} = \frac{C_d V_{do}}{(h_d - x_o)} \frac{C_s V_{so} g_m \text{Im}(-Z_1)}{(C_g + C_s)(h_s + x_o)}$$

$x_o \rightarrow \dots \rightarrow$ If it places with h_d and h_s , the need minimum value of Q will be obtained by the degree type.

$$Q_{\min} = \frac{(C_s + C_d)kh_d h_s}{C_d C_s V_{do} V_{so}} \frac{1}{g_m \operatorname{Im}(-Z_1)}$$

$$Z_1 = \frac{1}{G_d + G_L + j\omega C_L} \quad \text{であるから、} \quad \operatorname{Im}(-Z_1) = \frac{\omega C_L}{(G_d + G_L)^2 + \omega^2 C_L^2}$$

(With the equation (5), it should care about saying that the electric feedback through the admittance between the Yf= drain-gates is disregarded.)

Below, the example of the numerical solution of an equation (5) is shown.

$$C_g = C_s = C_d = C_o \quad h_s = h_d, \quad A_s = A_d = \frac{1}{2} A_b$$

$$h_d = h_s = h_b = h \quad V_{do} = V_{so} = V_o \quad K = m\omega_{ao}^2 = \rho A_b h b \omega_{ao}^2 \quad \omega_o^2 = \frac{42 E h_b^2}{\rho L^4},$$

$$\mu = \frac{g_m}{g_o},$$

$$Q_{\min} = 4 \frac{kh_b^2}{C_o V_o^2} \frac{g_o}{g_m},$$

$$Q_{\min} = \frac{4}{\mu} \frac{kh^2}{C_o V_o^2} = \frac{8 \cdot 42}{\mu} \left(\frac{h}{L} \right)^4 \frac{Eh^2}{\epsilon_o V_o^2},$$

$$E = 1.6 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2,$$

$$G_d + G_L = \omega_{ao} C_L = g_o, \quad \epsilon_o = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}; \text{ and}$$

$$\frac{Eh^2}{\epsilon_o V_o^2} = 1.81 \cdot 10^{10}$$

If $h = 1 \text{ micrometer}$ and $V_o = 1 \text{ V}$,

$$Q_{\min} = \frac{6.07 \cdot 10^{12}}{\mu} \left(\frac{h_b}{L} \right)^4$$

Follow.

$$\frac{L}{h_b} = 100, \quad \mu = 10 \text{ とすると、} Q_{\min} = 6.070 \text{ となる。}$$

In another example, if $L/h_b = 250$ and $\mu = 0.1$, it will be set to $Q_{\min} = 16,000$. As for this example, the voltage gain of a transistor can become smaller than 1, and even in such a case, since the power gain of a transistor is larger than 1, it is shown that self-resonance of the device can be carried out. In expansion of the aforementioned formula, Subscripts s and d show the sense electrode 18 and the drive electrode 16, respectively. Like the dynamic method of a foundation, an equation is the equation of motion 1 and the force on a beam 14 is written with the charge on the drive electrode 16

and the sense electrode 18. These charges determine the electrical potential difference on an electrode. The equation 3 which relates a sense electrical potential difference with displacement amplitude X_l is drawn by the assumption referred to as that a charge is saved. the following group -- an equation shows how to draw the equation showing the minimum value of the dynamic quality multiplier Q required to maintain dispatch directly. If an equation 5 makes the gap gaps h_s and h_d small, and enlarges the mutual conductance of a transistor and electrode bias voltage V_{do} and V_{so} is made high, it shows that the need minimum value of Q becomes small. The example of use of this equation is shown in that degree.

Various configurations can be carried out in this invention. Drawing 5 a thru/ or 5c show the example of some equal circuits of the feedback resistor 38. It is about 108 ohms, the feedback resistor 38 of drawing 5 a can be mounted using non-doped polish recon, and in order that separating polish recon with the nitride film in order to avoid preferably formation of the especially hot high impedance direct-current pass which avoids the high impedance direct-current pass to a ground may prevent desirable feedback of the drain-gate, it should form the low alternating current impedance pass to a ground.

Although the capacitance of the nitride film forms the distributed capacitance 48 as shown in drawing 5 b, as shown in drawing 4 , it may need to prepare load capacitance separately. Another beam configuration 52 which can acquire a remarkable advantage is shown in drawing 6 . A configuration 52 uses torsion or bending mode of a beam 54 which side plates 56 and 53 were arranged and attached in both sides like the aerofoil of an airplane. The drive electrode 16 and the sense electrode 18 are arranged so that the same side may be turned to (that is, both turn to an aerofoils 56 and 53 top or the bottom like), and when the capacity of one near capacitor decreases, the capacity of the near capacitor of another side increases. Therefore, the electrodes 16 and 18 of phase relation are the same as that of the case [as / in drawing 2] where the beam is arranged up and down. The localization field of the shell of the upper part of a beam 54 and a beam 54 is grounded, and sufficient electric insulation is secured as expected between the drive electrode 16 and the sense electrode 18 or between the gate 28 and a drain 24. Also in a configuration 52, the aforementioned analysis is applied. P-n junction is unnecessary to the beam down side, and it is easy to connect the same flat electrode on shell to FET, and from the result to which it becomes small last losing the strain energy of the beam to a given change of a drive or sense electrode capacitance small (distortion sensibility becomes low), I hear that Q becomes high and the advantage of the configuration 52 of thinking potentially has it.

As shown in drawing 7 , coplane-like the drive electrode 16 and the sense electrode 18 are used for another operation gestalt 55. With this configuration 55, two beams 57 and 59 each other weakly combined through the supporter of an edge are used like a tuning fork. When a beam moves caudad by the antisymmetrical state oscillation mode conversely [when one beam moves up / move / the beam of another side / caudad and / while], the beam of another side moves up. Namely, as for both beams, the phase is shifted 180 degrees mutually. Also in this case, the aforementioned analysis can maintain resonance with one transistor by being applied, amplifying the signal from the sense electrode 16, and supplying a drive electrode.

Another operation gestalt 60 is shown in drawing 8 a. In this operation gestalt, the drive electrode 16 and the sense electrode 18 are arranged at the same beam 62 side, and two capacitance, the drive electrode 16 and the sense electrode 18, is mutually in phase, and it changes. The case of the operation gestalt aforementioned [some of] in the driver voltage of a resonator 60 and the phase are reverse. The addition stage 64 is for acquiring a reversal signal required for the drive electrode 16. Transistors 66 and 68 are p-channel metal oxide semiconductor (PMOS) devices which have the current mirror which gives 180 more phase changes. A transistor 26 is n-channel transistor which becomes a process of the same kind. The loading resistor and the capacitor are connected with the ground between transistors 68, and the drive electrode is connected between the transistor 68, and the loading resistor/capacitor 70. It is also possible to use a complementary metal oxide semiconductor (CMOS) technique in the manufacture process of a device 60. In a fundamental CMOS process, although an excessive manufacture step is required compared with n-channel metal oxide semiconductor (NMOS) technical process, more advanced design flexibility is obtained. The source follower 18 in the configuration 61 of drawing 8 b can attain the inphase nature of the sense electrode 18, the drive electrode 16, and the phase of a between. The current gain or power gain of this circuit of the voltage gain of the source follower circuit 180 is enough for the oscillator which has sufficiently high Q . The bias resistor 182 which has a very high value was connected with the drain of a transistor 180 between the gates, and gate bias has been obtained by this. A loading

resistor 184 gives negative feedback and stabilizes bias.

Since a beam 62 is driven with sufficient right phase for an oscillation, the load capacitor 186 gives a late phase voltage component. The capacitive sense electrode 18 is connected to the gate of a transistor 180, and the electrostatic drive electrode 16 is connected to the source, respectively.

Drawing 9 a is the sectional side elevation of the double beam resonance unification microbeam sensor 80. The most remarkable difference between the device 80 of illustration and the operation gestalt of the above-mentioned microbeam is in two or more beam structure. Micro machining of the device 80 can be carried out using a polish recon film. The drive electrode 76 is formed into the substrate 82. If a substrate 82 is approached, there is a lower cavity 84, and if a cavity 84 is approached, the 1st microbeam 72 to which the both ends were fixed as an one part of silicon 82 is formed. Moreover, the 2nd microbeam 74 which the beam 72 was made to carry on the back is formed in parallel with the 1st microbeam 72. Both ends are being fixed where micro machining of the microbeam 74 is carried out from the same piece of silicon as a microbeam 72. The slit-like middle cavity 86 is formed among beams 72 and 74. If a beam 74 is approached, the sense electrode 78 which makes the one part of the wrap shell 90 is formed in the electrode 79 and the beam 74. The up cavity 88 is formed between the sensor 78 and the beam 74. Shell 90 gives perfect sealing performance to a cavity 88. Cavities 84, 86, and 88 are exhausted and form a common vacuum chamber.

Drawing 9 b shows the electronic shift register of the double beam RIMS80. the drive electrode 76 comes out and has the driver voltage signal which vibrates a microbeam 72 in the mode with the resonance frequency. A beam 74 vibrates on the same frequency through mechanical association with a beam 72. Beams 72 and 74 are connected to the ground. The value of resonance frequency can show the magnitude of the lengthwise direction tension which acts on beams 72 and 74, and can show the measured value of a pressure, acceleration, or other physical quantity. The sense electrode 78 is approached and formed in the microbeam 74, detects vibration of a microbeam 74 electrically, and sends an oscillating indication signal to n-channel transistor 92. A transistor 92 amplifies an oscillating indication signal and the amplified signal is combined with the push-pull amplifier which has p-channel transistor 96 and n-channel transistor 98 with a coupling capacitor 94. The common node of the drain of a transistor 92 and the drain of a transistor 98 is an output 108, and this output 108 is connected to the drive electrode 76. The gate of a transistor 92 is connected to the high impedance feedback resistor 102. The resistor 102 is connected to the gate of a transistor 92. The value of a resistor 102 is the value with which the bias of a transistor 92 is maintained in the linearity range. It connects with juxtaposition mutually and a loading resistor 104 and the load capacitor 106 connect the drain of a transistor 92 to forward (5-12 volts) power-source V+. The value of a resistor 104 and a capacitor 106 is decided by resonance frequency of microbeams 72 and 74.

Drawing 10 a thru/or 10d of triple resonance unification microbeam sensors 100 are shown. Drawing 10 a is the side elevation of the structure of RIMS100. A device 100 can be manufactured by micro machining from silicon or other same processible ingredients. Into the substrate 110, a center beam 120 is approached and the drive wire or electrode 116 which drives this is prepared. moreover, the sense electrode 114 which approaches in a substrate 110 at an edge beam 122, and detects this -- and -- An edge beam 124 is approached and the sense electrode 118 which detects this is formed. Although these electrodes are not shown on account of the cutting location of a sectional view at drawing 10 a, they are drawn on 10b which is the sectional view which was rotated 90 degrees and cut drawing 10 a.

The lower cavity 126 is formed near a drive and the sense lines 114, 116, and 118. A sense line is approached and the microbeam segments 120, 122, and 124 all over the same silicon layer or a field 132 are formed in the upper part. The beam 120 is illustrated by drawing 10 a. Drawing 10 b and 10c show the physical relation of beams 120, 122, and 124. If beams 120, 122, and 124 are approached, the up cavity 128 is formed. These are sealed in the upper part of these whole 126, i.e., a lower cavity, and the up cavity 128, and the shell 130 which closes beams 120, 122, and 128 is formed in it. Cavities 126 and 128 are maintained at a vacuum. As for beams 120, 122, and 124, the both ends of each triple microbeam are being fixed. A center beam 120 usually has the width of face of edge beams 122 and 124 twice the width of face of each. Beams 120, 122, and 124 are separated mutually and partially by the slit 134 with the layer 132. Edge beams 122 and 124 vibrate with a center beam 120 and the phase shift of 180 degrees in phase mutually. Edge beams 122 and 124 combine the vibration from a center beam 120 mechanically. The resonance frequency of beams 120, 122, and 124 changes with the tension which acts on these beams through the attachment edge of these beams. This tension is directed with the value of the resonance frequency of a beam with regards to the

magnitude of the physical development which it is going to measure.

Drawing 10 d is the outline circuit diagram of the electronic circuitry of the triple beam RIMS100. The sense electrodes 114 and 118 are connected to the gate of n-channel transistor 136. The drive electrode 116 is connected to the output and drain of a transistor 136. The high resistance feedback resistor 138 is connected between the gate of a transistor 136, and a drain. The loading resistor 140 is connected to the load capacitor 142 and juxtaposition. A resistor 140 and a capacitor 142 connect the drain of a transistor 136 to forward electrical-potential-difference power-source V+, and set up an adjustable output level.

Drawing 11 a and 11b show the microbeam 144 of the structure where only the end was combined with the substrate 152. Since the resonance frequency of the microbeam structure 150 changes by relation with the temperature, such microbeam structure 150 has an application as a temperature sensor. The microbeam structure 150 can be used also as the above-mentioned electric machine type filter. Into the substrate 152, the drive electrode 146 for driving the cantilever beam 144 is formed. It connects with the ground, the cantilever beam 144 forms the electrode which has the capacitance related to the drive electrode 146, and this capacitance changes according to the distance between a beam 144 and an electrode 146. This distance changes as a beam 44 exercises or vibrates. With the same ingredient as a layer 154, a beam 144 places a gap 156 and is formed. The lower cavity 158 is formed between the beam 144 and the drive electrode 146. Shell 162 is formed in the upper part of a beam 144 with the up cavity 164. The beam 144 is placed into the vacuum of the space of the up cavity 164 and the lower cavity 158. The sense electrode 148 is arranged at shell, it has the capacitance related to a beam 144, and this capacitance changes according to the distance between a beam 144 and an electrode 146. Drawing 11 a is what showed the field of a layer 154 except for the shell 162 on a beam 144, and the gap 156 which forms the cantilever beam 144 is shown.

Drawing 11 c is formed of a gap 170, and shows the configuration 160 which has two cantilever beams 166 and 168 each other arranged on a substrate 172 at the side. If these cantilever beams [each other] 166 and 168 of a pair of are combined mechanically and the drive electrode 176 drives a beam 166, a beam 166 will combine the vibration with a beam 168, a beam 168 will vibrate, and the vibration will be detected by the sensor electrode 178. Electrodes 176 and 178 are formed into the substrate 172. The configuration 160 of drawing 11 c has the same shell as a configuration 150, the upper part, and the lower chamber of drawing 11 a and 11b.

Drawing 12 a is the outline circuit diagram of the electronic circuitry incidental to the single cantilever beam 144 used as a temperature sensor. This electronic circuitry is similar with the electronic circuitry of drawing 1 a. A beam 144 is driven with the drive electrode 146, and the vibration is detected by the electrode 148. Since the resonance frequency of a beam 144 changes with slight change of an elastic modulus according to temperature, it is used as a temperature indicator.

The device of drawing 12 b is the filter of the resonance frequency of a beam 144. The signal which is going to filter is supplied to the drive electrode 146, and excites a beam 144. The signal which most signals which have frequencies other than the resonance frequency of a beam 144 do not vibrate a beam 144, therefore is detected with the sense electrode 148 is so weak that it can be disregarded. A beam 144 is driven easily, and is resonated, a significant signal is detected by the sense electrode, and the signal which has the frequency which is the resonance frequency of a beam 144 is amplified by the attendant electronic circuitry.

Drawing 12 c shows the outline circuit diagram of a dual cantilever beam and its accompanying electronic circuitry. The output of the electronic circuitry of illustration drives a beam 166 with the resonance frequency which changes according to the equipment temperature of a beam 166. Vibration of a beam 166 drives a beam 168 through mechanical association, and is resonated on the same frequency as a beam 166. Vibration of a beam 168 is detected by the sense electrode 178, and the sense electrode 178 inputs the signal into an electronic circuitry. The output of an electronic circuitry is sent to the drive electrode 176, follows vibration of a beam 166, and makes vibration of a beam 168 maintain. Charges 176 and 178 are in the same beam 166 and 168 side. Beams 166 and 168 vibrate by the phase contrast of 180 degrees mutually, and it is reversed and the detected signal is not only amplified, but is sent to the drive electrode 176.

The dual microbeam filter sensor is shown in drawing 12 d. This beam configuration is the same as the configuration of drawing 12 c, except that the connection relation between an electronic circuitry and electrodes 176 and 178 differs in that the signal which the drive electrode 176 tends to filter is received. This device is the filter of the resonance frequency of a beam 166. The signal which is going to filter is supplied to the drive electrode 176, and drives a beam 166. Vibration of the beam

168 which most signals which have frequencies other than the resonance frequency of a beam 166 do not vibrate a beam 166, therefore mechanical association is so weak that it can be disregarded, or it does not exist, and the signal detected with the sense electrode 178 is so weak that it can be disregarded, or is not detected at all. A beam 166 is driven easily and the signal which has the frequency which is the resonance frequency of a beam 166 resonates it, and the vibration is combined with a beam 168 and it is resonated. The vibration is detected by the sense electrode 178, and the detected signal is inputted and amplified by the gate of a transistor 26. The output produced in a drain 24 is the signal of a passband, and is the signal of the resonance frequency of beams 166 and 168. The electronic circuitry of the temperature detection configuration of drawing 12 a and 12c is the same as the electronic circuitry of the configuration 10 of drawing 1 a. Although the electronic circuitry of drawing 12 b and a 12d filter configuration is similar with the electronic circuitry of the configuration 10 of drawing 1 a similarly, the electronic circuitry of drawing 12 a and 12c is the amplifier of detection vibration of a mere beam, and since the oscillator for maintaining vibration of a beam is unnecessary, the load capacitor 34 is unnecessary and is not incorporated.

[Translation done.]

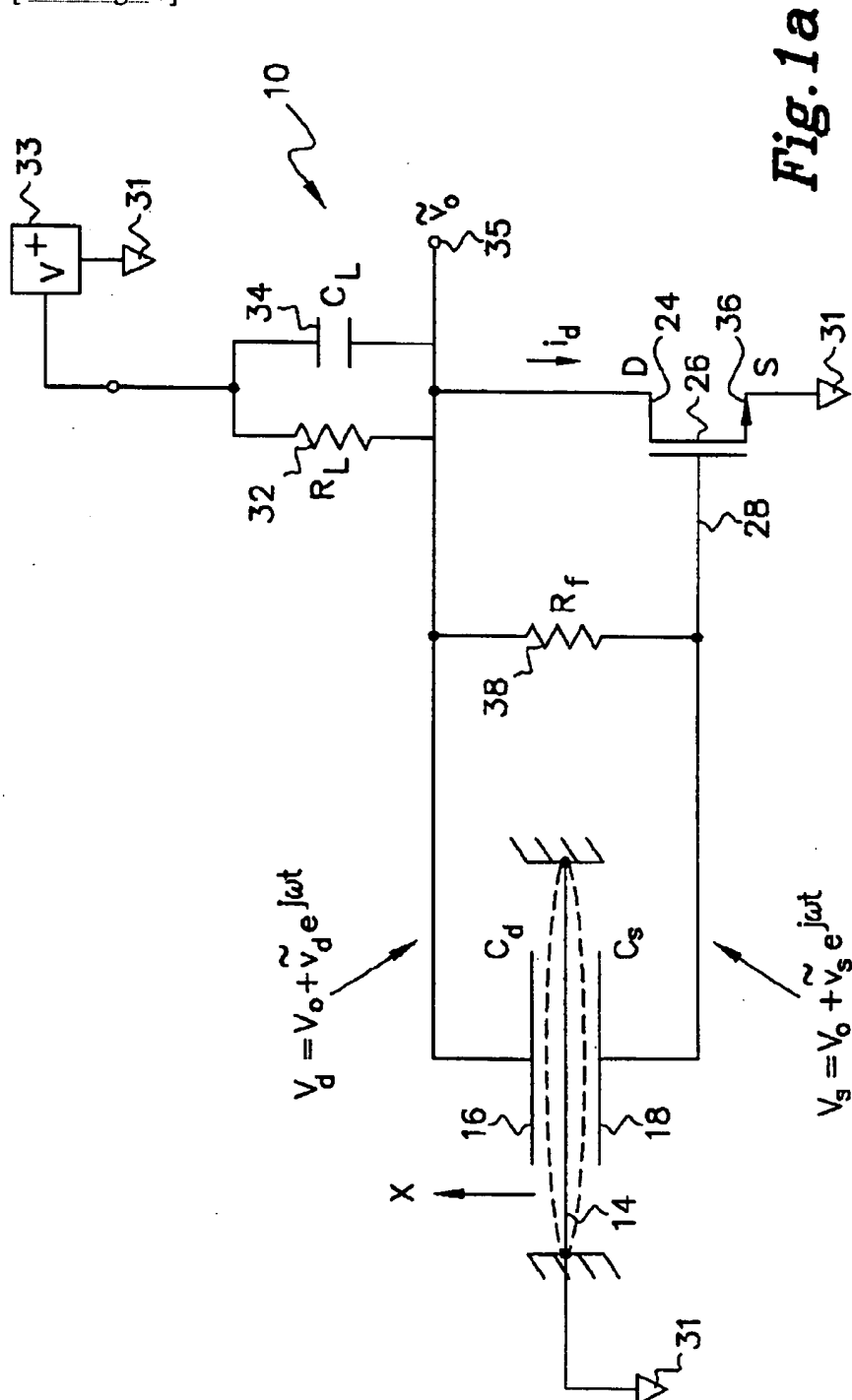
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

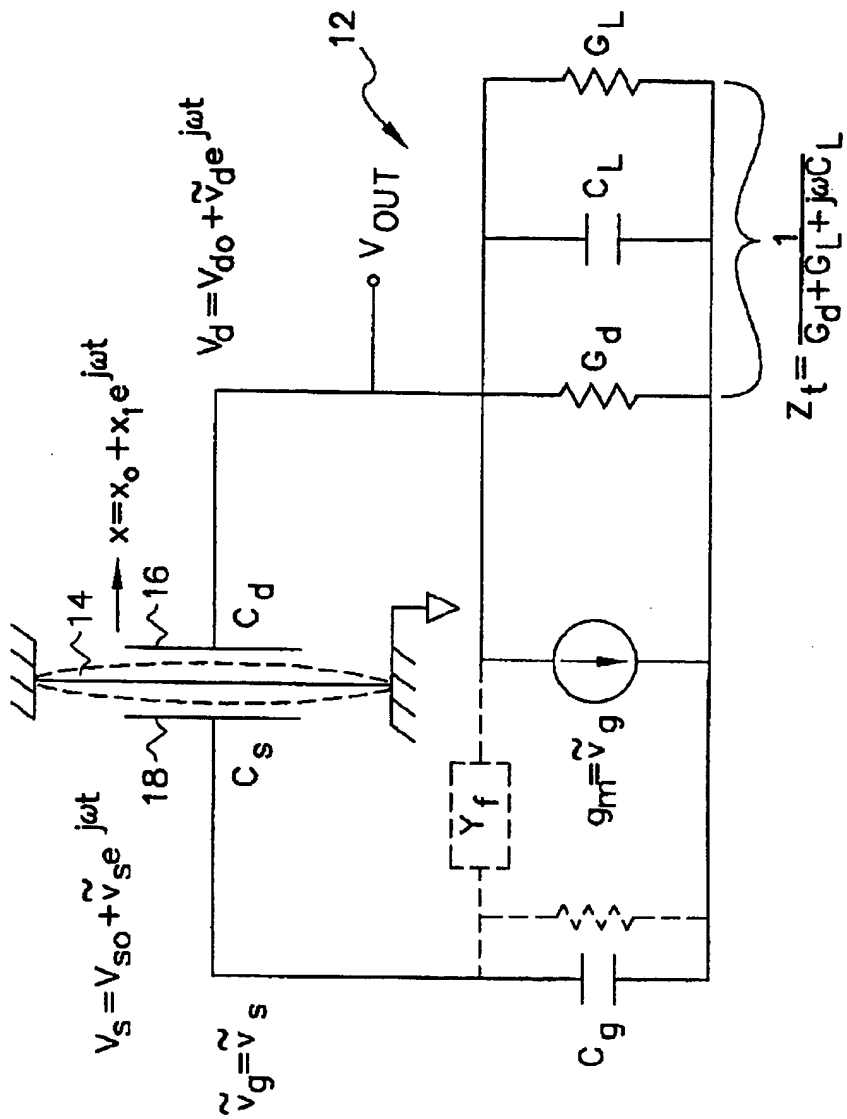
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

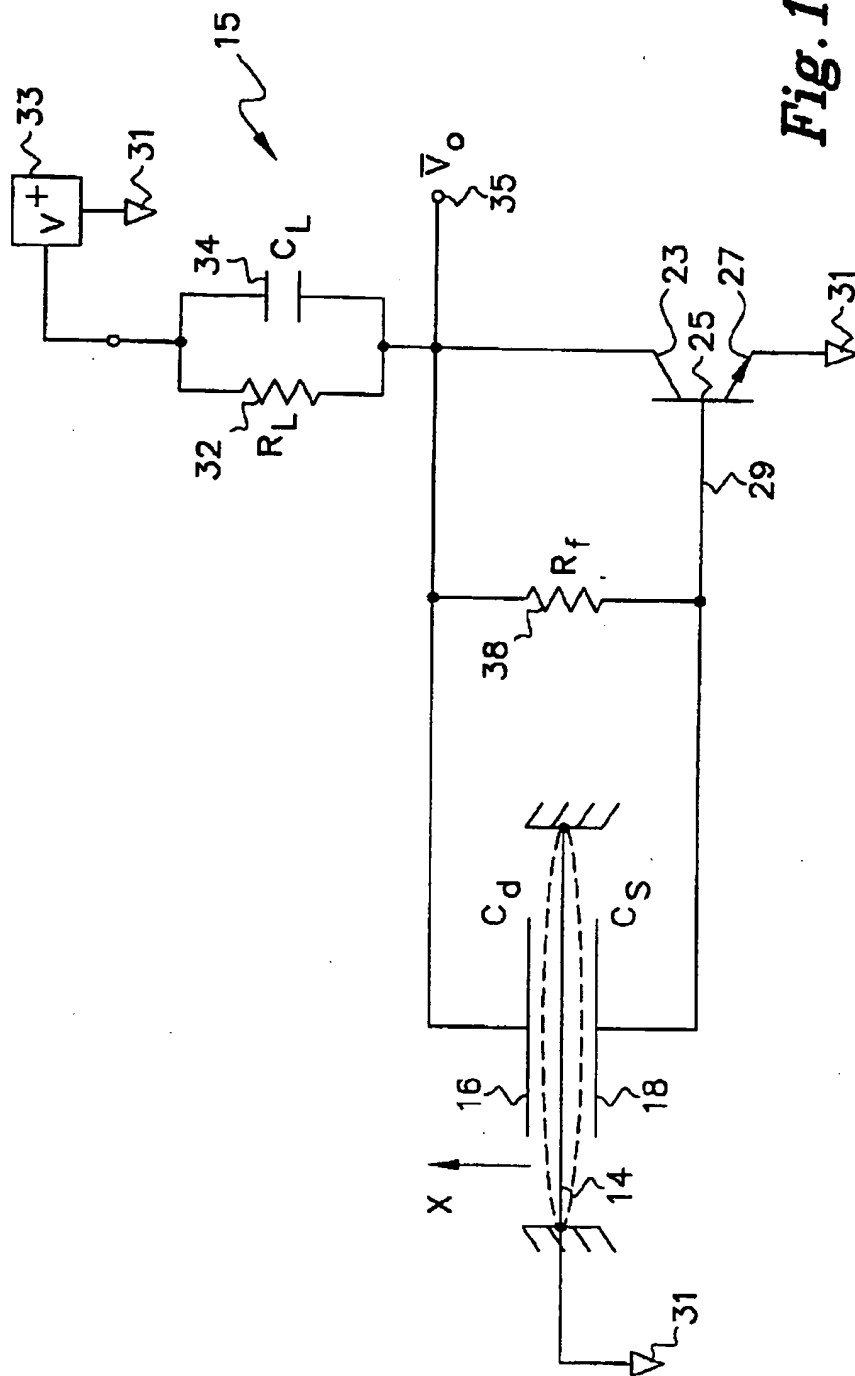
[Drawing 1 a]



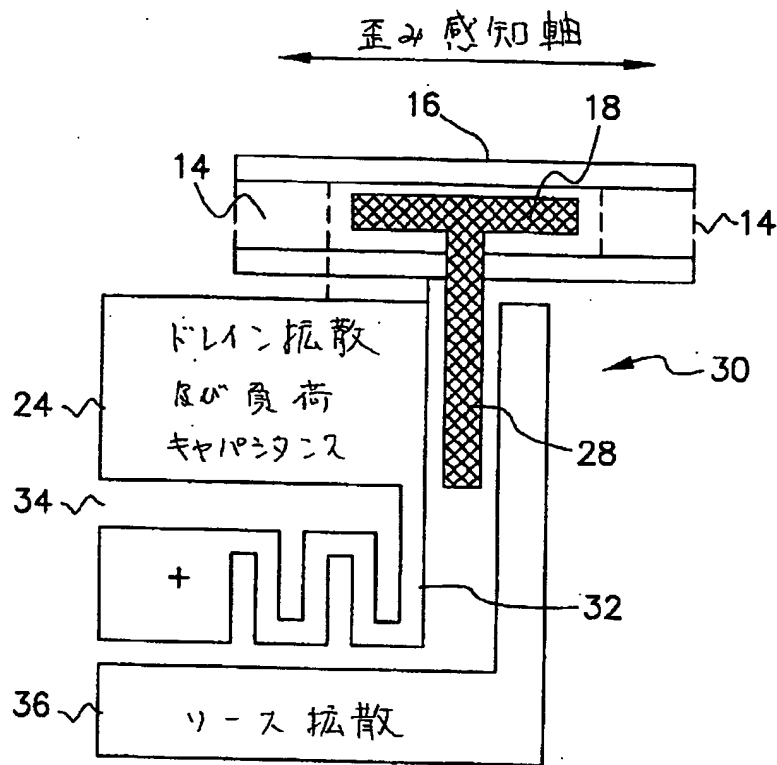
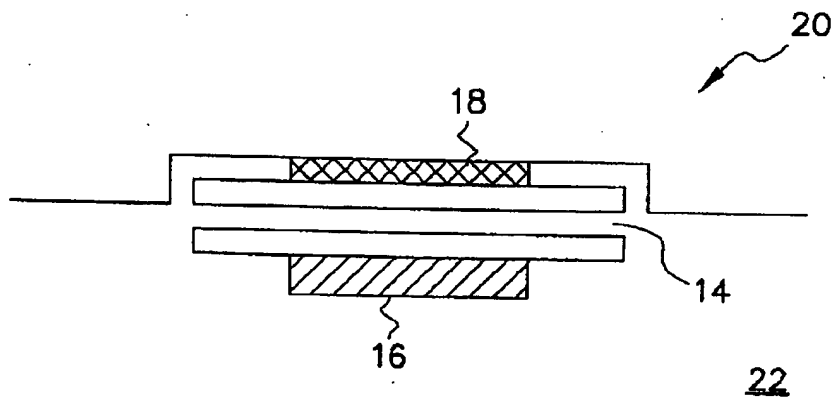
[Drawing 1]



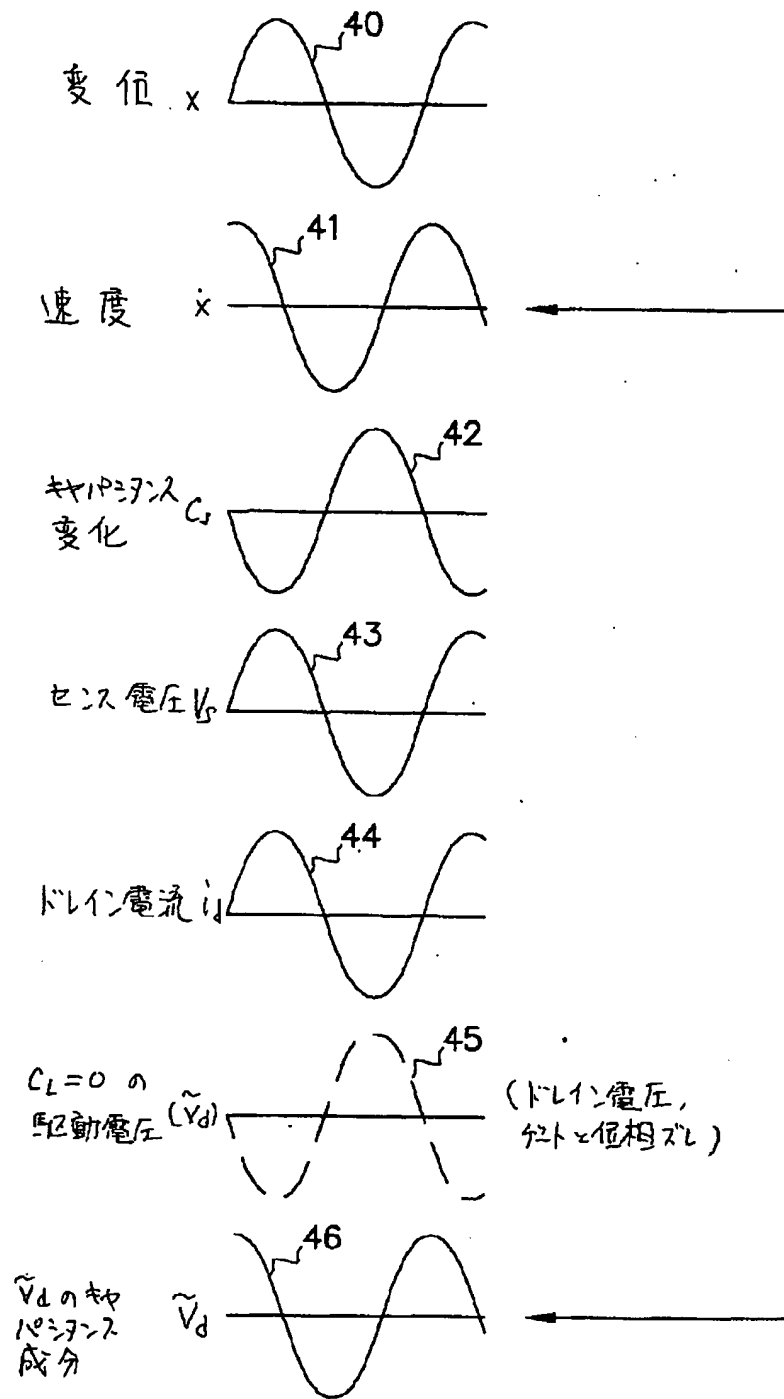
[Drawing 1]



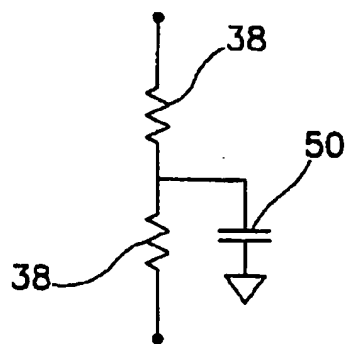
[Drawing 2]

**Fig.2a****Fig.2b**

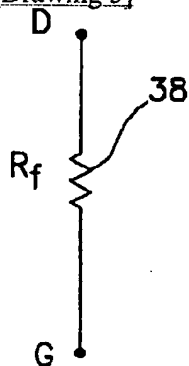
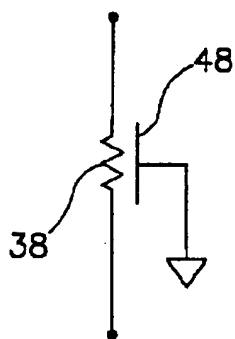
[Drawing 3]

**Fig.3**

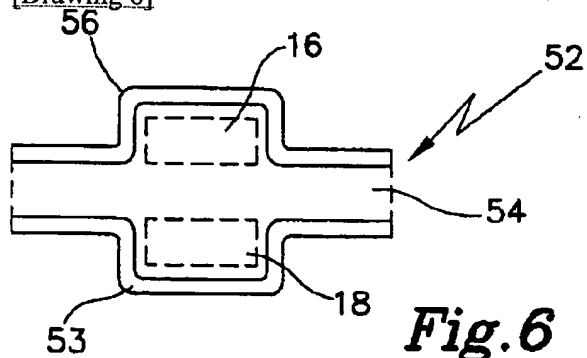
[Drawing 4]

**Fig. 4**

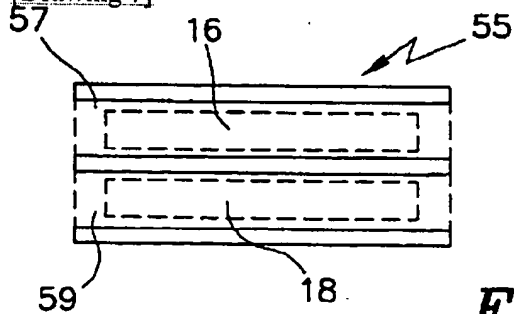
[Drawing 5]

**Fig. 5a****Fig. 5b**

[Drawing 6]

**Fig. 6**

[Drawing 7]

**Fig. 7**

[Drawing 8]

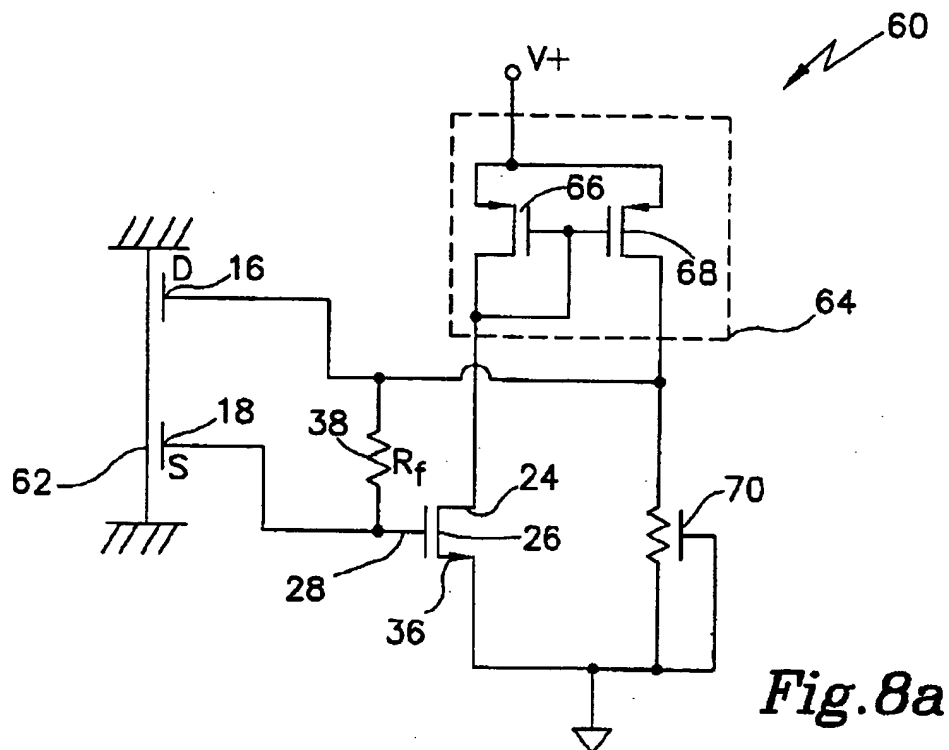


Fig. 8a

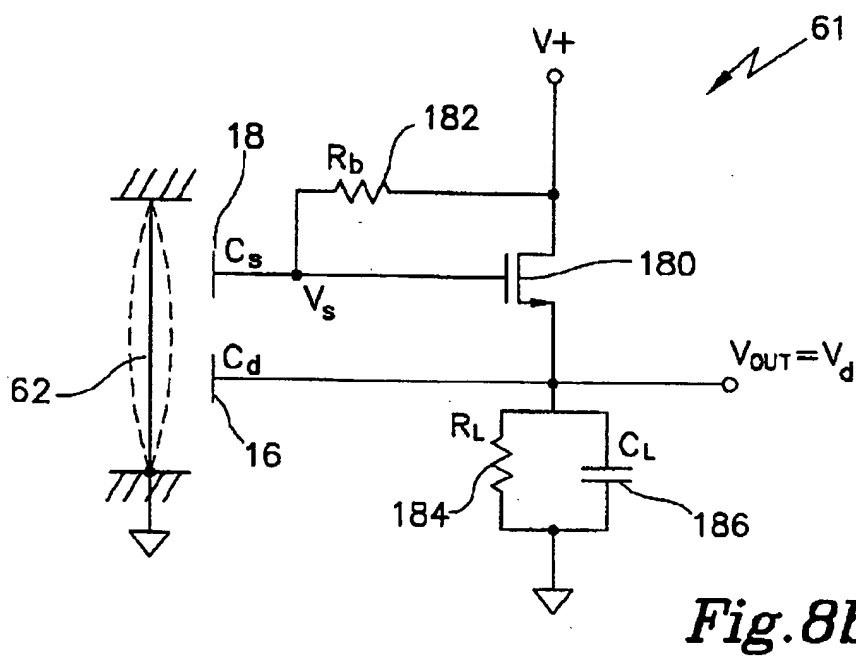


Fig. 8b

[Drawing 9]

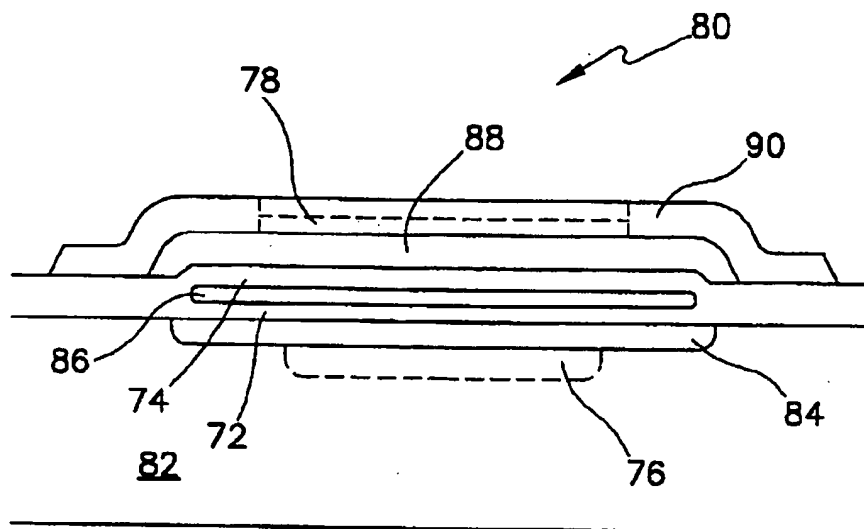


Fig. 9a

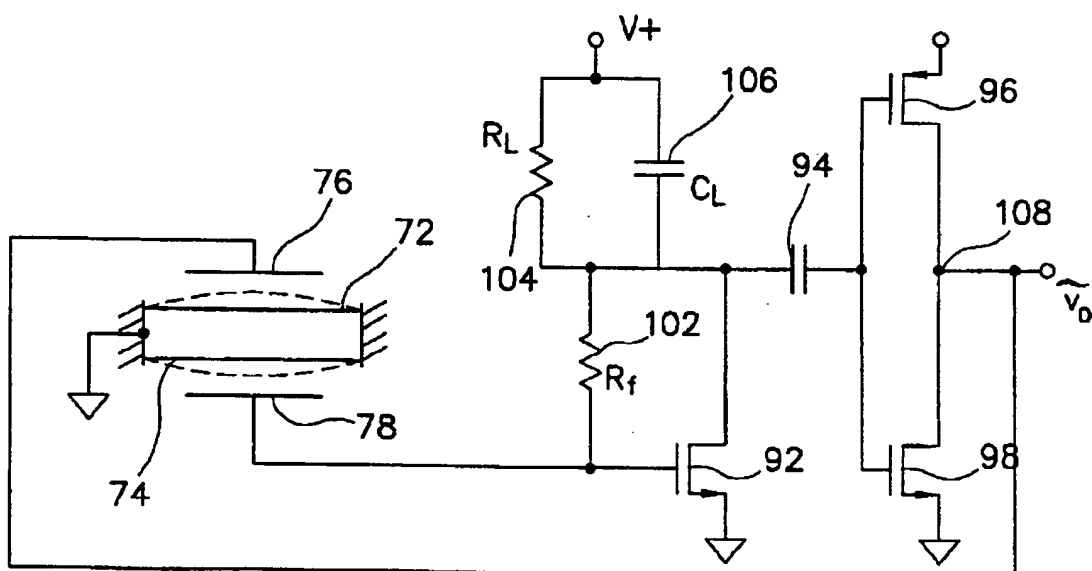
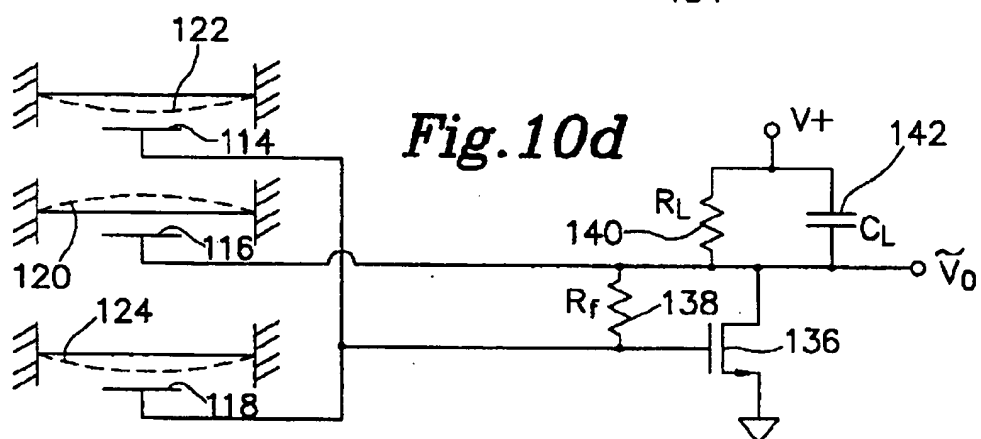
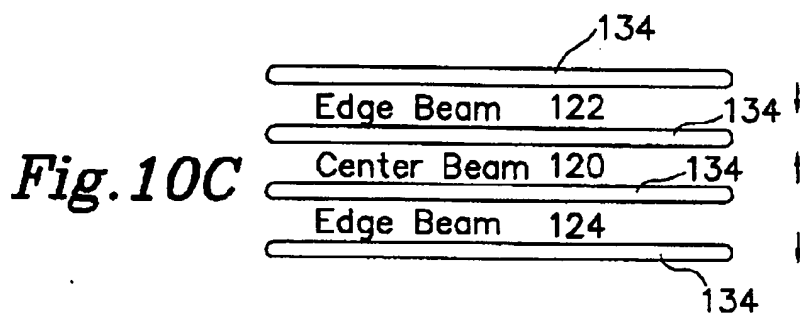
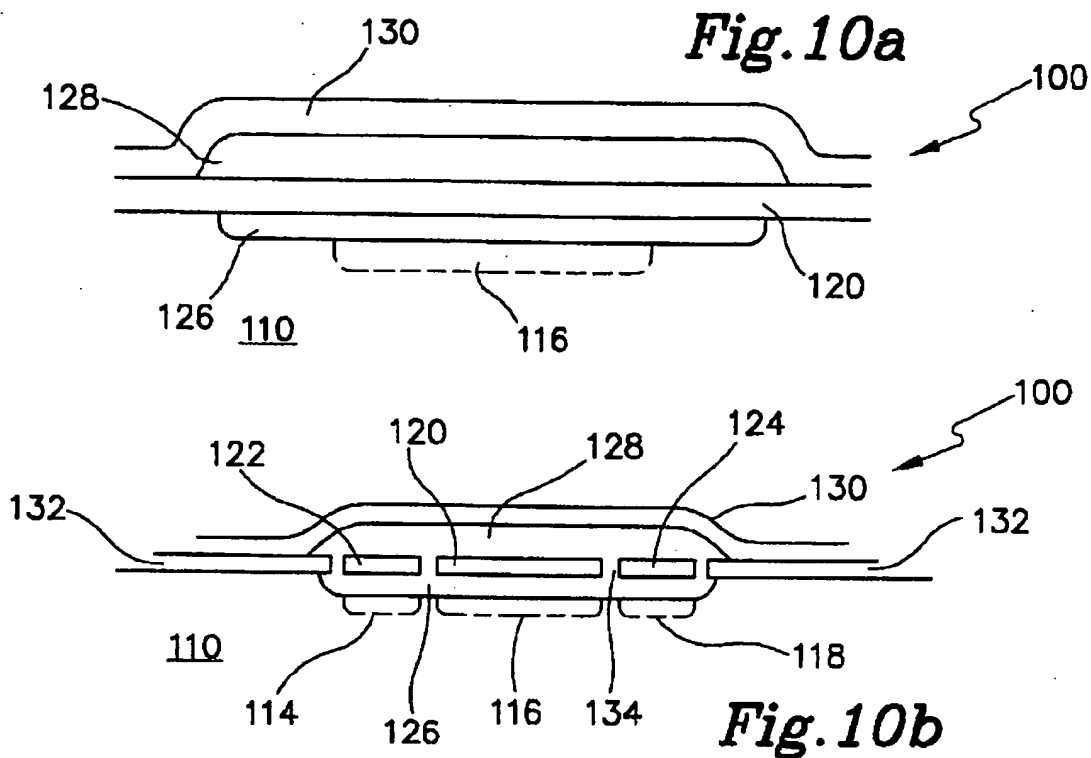
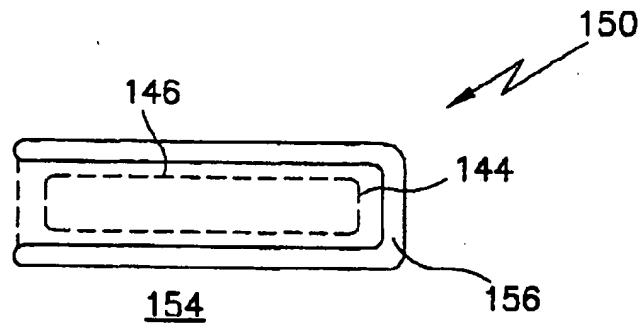
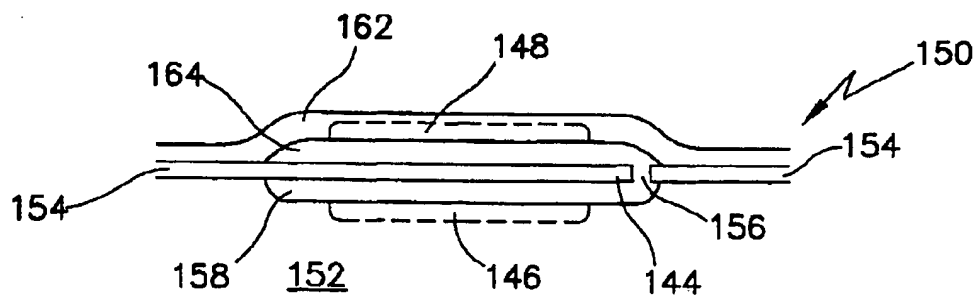
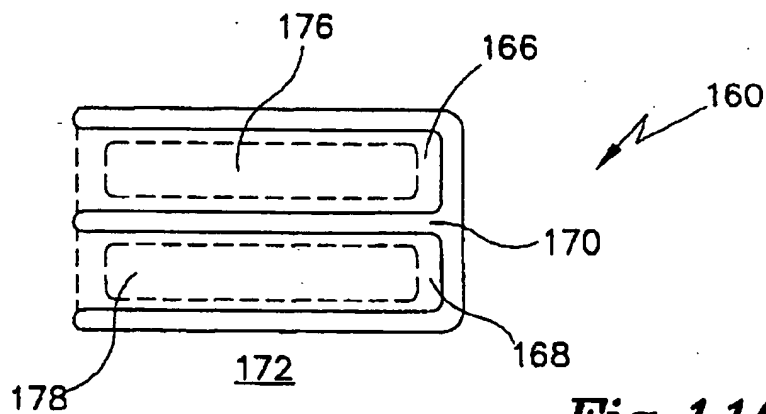


Fig. 9b

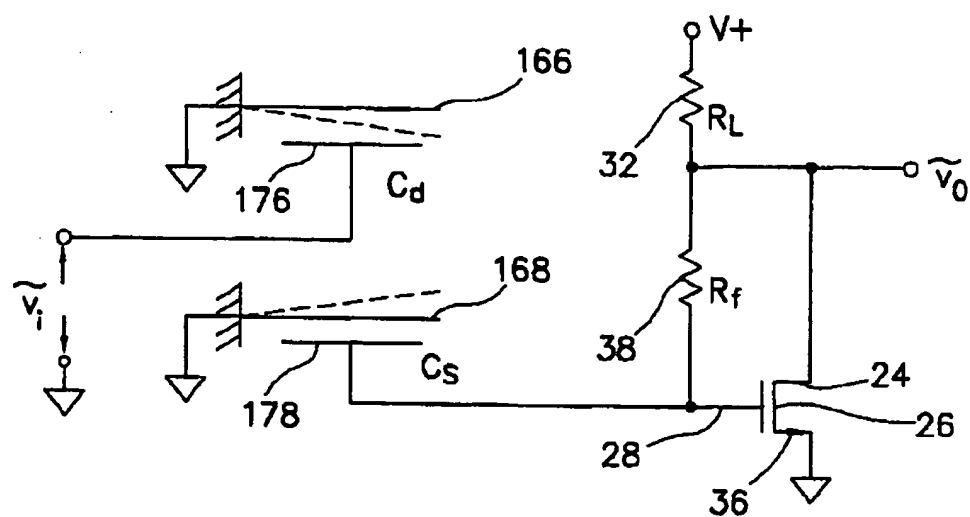
[Drawing 10]



[Drawing 11]

**Fig. 11a****Fig. 11b****Fig. 11c**

[Drawing 12]

*Fig.12d*

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平10-512046

(43) 公表日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 L 1/10

G 0 1 P 15/10

識別記号

F I

G 0 1 L 1/10

G 0 1 P 15/10

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 48 頁)

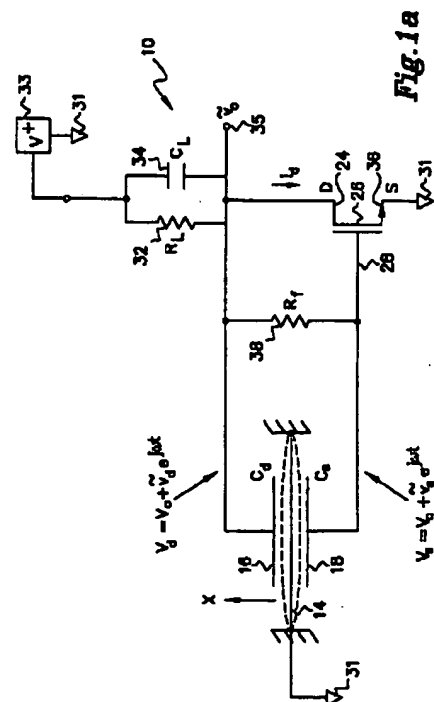
(21) 出願番号 特願平8-519301
(86) (22) 出願日 平成7年(1995)12月15日
(85) 翻訳文提出日 平成9年(1997)6月16日
(86) 国際出願番号 PCT/US95/16441
(87) 国際公開番号 WO96/18873
(87) 国際公開日 平成8年(1996)6月20日
(31) 優先権主張番号 08/357, 943
(32) 優先日 1994年12月16日
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, JP

(71) 出願人 ハネウエル・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国 55408 ミネソタ州・ミネアポリス・ハネウエル・プラザ (番地なし)
(72) 発明者 バーンズ, デイヴィッド・ダブリュ
アメリカ合衆国・55419・ミネソタ州・ミネアポリス・ファースト アヴェニュー サウス・5537
(72) 発明者 ズック, ジェイ・デイヴィッド
アメリカ合衆国・55411・ミネソタ州・ミネアポリス・ノース シックス ストリート・2509
(74) 代理人 弁理士 山川 政樹 (外5名)

(54) 【発明の名称】 一体化共振マイクロビームセンサ及びトランジスタ発振器

(57) 【要約】

サブストレートに少なくとも1本のマイクロビームを設け、その共振周波数は、サブストレートの曲げによる作用を受けるマイクロビームの歪みによってが決まる。それらのビームに近接してセンス電極及び駆動電極を設け、これらの電極はビームをもう一つの電極としてコンデンサを形成する。そのキャパシタンスはビームの振動に伴って変化する。センス電極はゲートまたはベースのようなトランジスタの入力に接続され、駆動電極はトランジスタの出力に接続されている。トランジスタは、ビームの共振周波数での振動を持続させるよう作用する容量成分を含む負荷インピーダンスを有する。トランジスタのゲートとドレインの間には高オーム値の抵抗器が接続されていて、ゲートを適切にバイアスする。サブストレートの曲げは、たとえば測定しようとする物理的刺激の大きさによって生じる。しかしながら、サブストレートの曲げは、本発明のフィルタ構成及び温度検出構成においては利用されず、また好ましくもない。共振周波数は、物理パラメータの大きさを指示する。センス電極及び駆動電極の配置構成を様々に変え、種々の構成及び



(2)

【特許請求の範囲】

1. サブストレート上に設けられ、基準端子に接続されたビームで、第1の端部及び第2の端部がそのサブストレートに固定され、測定しようとする物理パラメータの大きさに応じたサブストレートの曲げによって前記第1の端部と第2の端部との間に引張または圧縮が作用し、その引張または圧縮に応じて決まる共振周波数で振動することができ、その共振周波数が測定しようとする物理パラメータを指示するビームと；

前記ビームの第1の側の近傍に設けられた第1の電極であって、ビームが振動してそのビームと第1の電極との間の距離が変化し、かつビームと第1の電極との間の第1のキャパシタンスがビームの振動に応じて変化するようになっている第1の電極と；

前記ビームの前記第1の側の反対側の第2の側に設けられた第2の電極であって、ビームが振動してビームと第2の電極の間の距離が前記ビームと前記第1の電極との間の距離に対して逆方向に変化し、前記ビームと第2の電極の間の第2のキャパシタンスが第1の電極とビームとの間の第1のキャパシタンスとは逆に変化するようになっている第2の電極と；

入力が前記第1の電極に接続され、出力が前記第2の電極に接続されたインバータと；

を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

2. 前記インバータが；

前記第1の電極に接続された第1の端子、前記第2の電極に接続された第2の端子、及び前記基準端子に接続された第3の端子を有するトランジスタと；

そのトランジスタの第2の端子に接続された第1の端子を有し、かつ電圧端子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

を具備する請求項1記載のマイクロビーム構造。

3. 前記トランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつそのトランジスタの第2の端子に接続された第2の端子を有するフィードバックインピーダンスをさらに具備した請求項2記載のマイクロビーム構造。

(3)

4. 前記第1の電極が容量センサであり；

前記第2の電極が静電ドライバである；

請求項3記載のマイクロビーム構造。

5. 前記トランジスタがn - チャンネル電界効果トランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がそれぞれゲート、ドレイン及びソースである；

請求項4記載のマイクロビーム構造。

6. 前記トランジスタがバイポーラトランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がベース、コレクタ及びエミッタである；

請求項4記載のマイクロビーム構造。

7. 前記負荷インピーダンスが互いに並列に接続された抵抗器及びコンデンサからなる請求項5記載のマイクロビーム構造。

8. サブストレート中に設けられたビーム構造と；

そのビーム構造に近接して設けられ、駆動信号に従ってビーム構造を駆動して振動させる駆動手段と；

前記ビーム構造に近接して設けられ、そのビーム構造の振動を検出し、検出信号を得る検出手段と；

前記駆動手段と検出手段に接続されていて、検出手段からの検出信号を駆動手段用の駆動信号に変換するための回路手段と；

を具備した一体化マイクロビーム構造。

9. 前記ビーム構造が共振周波数を有し；

その共振周波数が前記ビーム構造に影響を及ぼすパラメータの大きさを指示し、その影響の結果としてビーム構造が共振周波数を変化させる；

請求項8記載のマイクロビーム構造。

10. サブストレート中に設けられ、基準端子に接続されているビームで、第1の端部及び第2の端部がサブストレートに固定され、測定しようとする物理パラメータの大きさに応じたサブストレートの曲げによって生じる引張または圧縮が前記第1の端部と第2の端部との間に作用し、その引張または圧縮に応じて変化

(4)

する共振周波数を有し、その共振周波数が物理パラメータを指示するビームと；

前記ビームが振動して、そのビームとの間の距離が前記共振周波数と同調して変化し、その結果ビームとの間の第1のキャパシタンスがそのビームとの間の距離に逆比例して変化するようにビームの第1の側に設けた第1の電極と；

前記ビームの第1の側に設けられていて、そのビームとの間の距離がビームと前記第1の電極との間の距離に比例して変化し、ビームとの間の第2のキャパシタンスが前記第1のキャパシタンスと同相で変化する第2の電極と；

入力が前記第1の電極に接続され、出力が前記第2の電極に接続されたノンインバータと；

を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

11. 前記ノンインバータが；

前記第1の電極に接続された第1の端子、前記基準端子に接続された第2の端子、及び第3の端子を有する第1のトランジスタと；

入力端子が前記トランジスタの第3の端子に接続され、出力端子が前記第2の電極に接続されたインバータと；

を具備する請求項10記載のマイクロビーム構造。

12. 前記第1のトランジスタの前記第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつ前記第3の端子に接続された第2の端子を有するフィードバックインピーダンスをさらに具備した請求項11記載のマイクロビーム構造。

13. 前記第1の電極がセンス電極であり；

前記第2の電極が駆動電極である；

請求項12記載のマイクロビーム構造。

14. 前記インバータが；

前記第1のトランジスタの前記第3の端子に接続された第1の端子を有し、その第1の端子に接続された第2の端子、及び電圧端子に接続された第3の端子を有する第2のトランジスタと；

前記第2の電極に接続された第1の端子を有し、前記第2のトランジスタの第2の端子に接続された第2の端子を有し、かつ前記電圧端子に接続された第3の端子を有する第3のトランジスタと；

(5)

その第3のトランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつ前記基準端子に接続された第2の端子を有するインピーダンスと；
を具備する請求項13記載のマイクロビーム構造。

15. 前記ノンインバータが；

前記第1の電極に接続された第1の端子、電圧端子に接続された第2の端子、及び前記第2の電極に接続された第3の端子を有するトランジスタと；

そのトランジスタの第3の端子に接続された第1の端子及び前記基準端子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；
を具備する請求項10記載のマイクロビーム構造。

16. 前記ノンインバータが、前記トランジスタの前記第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつそのトランジスタの前記第2の端子に接続された第2の端子を有するフィードバックインピーダンスをさらに具備する請求項15記載のマイクロビーム構造。

17. 前記トランジスタがn - チャンネル電界効果トランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がそれぞれゲート、ドレイン及びソースである請求項16記載のマイクロビーム構造。

18. 前記トランジスタがバイポーラトランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がベース、コレクタ及びエミッタである；

請求項16記載のマイクロビーム構造。

19. サブストレート中に設けられ、基準端子に接続された第1のビームで、第1の端部及び第2の端部がそのサブストレートに固定され、測定しようとする物理パラメータの大きさに応じたそのサブストレートの曲げによってその第1の端部と第2の端部との間に引張または圧縮が作用し、その引張または圧縮に応じて決まる共振周波数を有し、その共振周波数が前記物理パラメータを指示する第1のビームと；

その第1のビームに近接して設けられ、その基準端子に接続された第2のビームで、第1の端部及び第2の端部が第1のビームの第1及び第2の端部に固定され、第1のビームと平行にかつ第1のビームから一定距離を隔てて配置され

(6)

第1のビームと同様の引張または圧縮が作用し、第1のビームが振動すると、その第1のビームと同じ共振周波数で振動し、かつ第1のビームに対して位相が180度ずれて振動するようにして第1のビームに機械的に結合された第2のビームと；

その第2のビームに近い側である前記第1のビームの第2の側と反対の第1のビームの第1の側に近接して設けられた第1の電極で、第1のビームが振動するとき第1のビームに対して変化する第1の距離を有し、第1のビームの共振周波数で前記第1の距離に逆比例して変化する第1のビームとの間の第1のキャパシタンスを有する第1の電極と；

前記第1のビームに近い側である前記第2のビームの第2の側と反対の第2のビームの第1の側に近接して設けられた第2の電極で、第2のビームが振動するとき第2のビームに対して変化する第2の距離を有し、第2のビームの共振周波数で前記第2の距離に逆比例して変化する第2のビームとの間の第2のキャパシタンスを有する第2の電極と；

入力が前記第2の電極に接続され、出力が前記第1の電極に接続されたノンインバータと；

を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

20. 前記ノンインバータが；

前記第2の電極に接続された第1の端子、前記基準端子に接続された第2の端子、及び第3の端子を有する第1のトランジスタと；

その第1のトランジスタの第3の端子に接続された第1の端子及び第1の電圧端子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

入力端子が第1のトランジスタの第3の端子に接続され、出力端子が前記第1の電極に接続されたインバータと；

を具備する請求項19記載のマイクロビーム構造。

21. 前記第1のトランジスタの第3の端子に接続された第1の端子を有しかつ第1のトランジスタの第1の端子に接続された第2の端子を有するフィードバック

(7)

クインピーダンスをさらに具備した請求項20記載のマイクロビーム構造。

22. 前記第1の電極がドライバ電極であり；

前記第2の電極がセンサ電極である；

請求項20記載のマイクロビーム構造。

23. 前記インバータが；

第1の端子を有し、インバータの前記出力端子に接続された第2の端子を有し、第2の電圧端子に接続された第3の端子を有する第2のトランジスタと；

その第2のトランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、前記基準端子に接続された第2の端子を有し、かつ第2のトランジスタの第2の端子に接続された第3の端子を有する第3のトランジスタと；

インバータの前記入力端子に接続された第1の端子を有し、かつ第2及び第3のトランジスタの第1の端子に接続された第2の端子を有する入力インピーダンスと；

を具備する請求項22記載のマイクロビーム構造。

24. 前記ノンインバータが；

ノンインバータの前記入力端子に接続された第1の端子、電圧端子に接続された第2の端子、及びノンインバータの前記出力端子に接続された第3の端子を有するトランジスタと；

そのトランジスタの第3の端子に接続された第1の端子及び前記基準端子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

を具備する請求項19記載のマイクロビーム構造。

25. 前記ノンインバータが、前記トランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつそのトランジスタの第2の端子に接続された第2の端子を有するフィードバックインピーダンスをさらに具備する請求項24記載のマイクロビーム構造。

26. 前記トランジスタがn - チャンネル電界効果トランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がそれぞれゲート、ドレイン及びソースである請求項25記載のマイクロビーム構造。

(8)

27. 前記トランジスタがバイポーラトランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がベース、コレクタ及びエミッタである；

請求項25記載のマイクロビーム構造。

28. サブストレート中に設けられた振動することが可能な第1のビームと；

そのサブストレート中に第1のビームに近接して設けられた振動することが可能な第2のビームと；

前記サブストレート中に前記第2のビームに近接して設けられた振動することが可能な第3のビームと；

前記第1のビームに近接し、第1のビームに対して第1のビームの振動運動に応じて変化する値のキャパシタンスを有する第1の電極と；

前記第2のビームに近接し、第2のビームに対して第2のビームの振動運動に応じて変化する値のキャパシタンスを有する第2の電極と；

前記第3のビームに近接し、第3のビームに対して第3のビームの振動運動に応じて変化する値のキャパシタンスを有する第3の電極と；

入力が前記第1及び第3の電極に接続され、出力が前記第2の電極に接続されたインバータと；

を具備し、

前記第1、第2及び第3のビームの端部が前記サブストレートに固定され、かつ基準端子に接続されており、是延期第1、第2及び第3のビームの端部に加えられるある大きさを有する物理現象によって生じる引張または圧縮との関係で変化する共振周波数を有し、その共振周波数が物理現象の大きさを指示する；
トランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

29. 前記インバータが；

インバータの前記入力に接続された第1の端子、基準端子に接続された第2の端子、及びインバータ前記出力に接続された第3の端子を有するトランジスタと；

そのトランジスタの第3の端子に接続された第1の端子及び電圧端子に接

(9)

続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

を具備する請求項28記載のマイクロビーム構造。

30. 前記第1及び第3の電極がそれぞれ前記第1及び第3のビームの振動運動を検出する容量性検出電極であり；

前記第2の電極が前記第2のビームを駆動して前記共振周波数で振動させる静電駆動電極であり；

前記第1及び第3のビームが振動中の第2のビームに近接していることによる機械的結合を介して前記共振周波数で振動するよう駆動される；

請求項29記載のマイクロビームこうぞう。

31. それぞれ前記トランジスタの第1及び第3の端子に接続された第1及び第2の端子を有するフィードバック抵抗器をさらに具備した請求項30記載のマイクロビーム構造。

32. 前記トランジスタがn - チャンネル電界効果トランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がそれぞれゲート、ソース及びドレインである請求項31記載のマイクロビーム構造。

33. 前記トランジスタがバイポーラトランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がベース、エミッタ及びコレクタである；

請求項31記載のマイクロビーム構造。

34. サブストレートに固定された第1の端部、及び自由に振動する第2の端部を有するビームと；

そのビームに近接して、そのビームとの間にビームが振動すると変化する第1のキャパシタンスを形成するように配置された第1の電極と；

前記ビームに近接して、そのビームとの間にビームが振動すると前記第1のキャパシタンスと180度位相がずれて変化する第2のキャパシタンスを形成するよう配置された第2の電極と；

を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

35. 入力が前記第2の電極に接続され、出力が前記第1の電極に接続されたイ

(10)

ンバータをさらに具備した請求項34記載のマイクロビーム構造。

36. 前記インバータが；

前記第1の電極に接続された第1の端子、前記第2の電極に接続された第2の端子、及び前記ビームに接続された第3の端子を有するトランジスタと；

そのトランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつ電圧端

子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

を具備する請求項35記載のマイクロビーム構造。

37. 前記トランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつそのトランジスタの第2の端子に接続された第2の端子をさらに具備した請求項36記載のマイクロビーム構造。

38. 前記第1の電極が静電ドライバであり；

前記第2の電極が容量センサである；

請求項37記載のマイクロビーム構造。

39. 少なくとも一端部がサブストレートに固定された少なくとも1本のビームと；

その少なくとも1本のビームに近接して設けられ、その少なくとも1本のビームを駆動して振動させる静電駆動電極と；

その少なくとも1本のビームに近接して設けられ、その少なくとも1本のビームの振動を検出するための容量センス電極と；

入力がその容量センス電極に接続されたバッファ／増幅器回路と；
を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

40. 前記バッファ／増幅器回路の出力が前記静電駆動電極に接続されている請求項39記載のマイクロビーム構造。

41. 各々の少なくとも一端部がサブストレートに固定された複数のビームで、各ビームの振動がその複数のビームの中の少なくとも1本の他のビームに機械的に結合されるよう、各々その複数のの中のその少なくとも1本の他のビームに近接して配置されている複数のビームと；

(11)

その複数のビームの中の少なくとも1本のビームに近接して配置された少なくとも1つの容量センス電極と；

前記複数のビームの中の少なくとも1本のビームに近接して配置された少なくとも1つの静電駆動電極と；

入力がその少なくとも1つの容量センス電極に接続された回路と；
を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

4 2. 前記回路の出力が前記少なくとも1つの静電駆動電極に接続された請求項

4 1 記載のマイクロビーム構造。

4 3. 前記回路がインバータである請求項 4 2 記載のマイクロビーム構造。

4 4. 前記インバータが：

前記回路の前記入力に接続された第1の端子、前記回路の前記出力に接続された第2の端子、及び前記複数のビームに電氣的に接続された第3の端子を有するトランジスタと；

そのトランジスタの第2の端子に接続された第1の端子を有し、かつ電圧端子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

前記トランジスタの第1の端子に接続された第1の端子を有し、かつそのトランジスタの第2の端子に接続された第2の端子を有するフィードバックインピーダンスと；

を具備する請求項 4 3 記載のマイクロビーム構造。

4 5. 前記トランジスタが n - チャンネル電界効果トランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がそれぞれゲート、ドレイン及びソースである請求項 4 4 記載のマイクロビーム構造。

4 6. 前記トランジスタがバイポーラトランジスタであり；

そのトランジスタの第1、第2及び第3の端子がベース、コレクタ及びエミッタである；

請求項 4 4 記載のマイクロビーム構造。

4 7. 前記回路が前記複数のビーム中の少なくとも1本のビームに近接した少なくとも1つの静電駆動電極に駆動電圧を供給し、その駆動電圧がその複数のビー

(12)

ムの中のその少なくとも1本のビームの速度と同相の成分を有する請求項4 2 記載のマイクロビーム構造。

(13)

【発明の詳細な説明】

一体化共振マイクロビームセンサ及びトランジスタ発振器

発明の背景

本発明は、共振センサに関し、特に共振一体化マイクロビームセンサ（RIMS）に関する。より詳しくは、本発明は一体化されたトランジスタ及びRIMS発振器に関する。

シングルトランジスタ共振マイクロビームデバイスは、1960年代に狭帯域フィルタ用として開発され、「共振ゲートトランジスタ」または“RGT”と呼ばれた。RGTの場合は、一体型発振器（自己共振型）がデモ製品として出されたが、同じ周波数に同調をとった2つのRGTデバイスを使用することが必要であった。それらの両方のデバイスが共振点で 90° の位相偏移を示し、一方のデバイスの駆動電極ではなく、ビームに信号を印加することによって、さらに 180° の位相偏移が得られた。この共振ゲートトランジスタに関する解析は基本的に本発明に適用可能であり、トランジスタ共振マイクロビームペアの実際の電圧利得が1より小さくても、振動子の静電駆動及び容量性検出が本質的に共振周波数で入力電圧をQの倍率で増幅するので、全開ループ利得は1より大きくなり得る。

発明の概要

本発明は、チップ上でRIMSデバイスのすぐ隣に作り込むことが可能な単一のトランジスタを用いた、共振点で共振一体化マイクロビームセンサを駆動するための簡単で安価な手段にある。マイクロビームは導通状態にあり、かつアース電位になっており、ドライブ及びセンス電極は通常共振マイクロビームの両側に置かれる。

本発明は、自己共振のためにループを閉じる代わりに、駆動電極に入力電圧を印加し、ドレインまたはコレクタで出力を取ることによって狭帯域通過フィルタ

としても使用することができる。本発明のデバイスの長所は、トランジスタと共振マイクロビームが同時に、しかも各々にとって最適化されたプロセスで作り込まれるということである。本発明と従来のRIMSデバイス（1994年1月4

(14)

日発行のZook他による米国特許第5, 275, 055号、参照によって本願に編入される)との主な相違点は、駆動電極及びセンス電極がビームに関して互いに反対側に置かれているので、一方の電極のキャパシタンスが減少するとき他方の電極のキャパシタンスが増加するようになっており、これによって自己共振が可能であるということである。本発明の構成によれば、1より大きい利得を利用して共振歪みトランスデューサを実現し、これを適切な超小型構造により補って、圧力、加速度、力及びその他の印加刺激を測定することができるということである。

従来のRIMSセンサは、圧電抵抗器を用いてマイクロビームのたわみを検出するという原理に基づくものであった。本発明は、トランジスタを用いてマイクロビーム変位の容量性検出を行うという原理に基づいており、トランジスタは他方ではビームを駆動して自己共振を維持するために用いられる。(本願明細書においては、「マイクロビーム」と「ビーム」という用語は同義に使用する場合もある)。また、高直流インピーダンスフィードバック抵抗器を用いて、増幅器を線形領域にバイアスする。トランジスタRIMSデバイスは、トランジスタを共振マイクロビームと同じチップ上に同時に作り込む必要があるが、その製造プロセス全体は、圧電抵抗器が省かれるので、圧電抵抗型RIMS構造に比べて決して複雑ではない。

本発明は、はるかに簡単なポリシリコンプロセスを用いることに特徴があり、センス電流がないため、ビームの i^2R 加熱がないという長所がある。これは、圧電抵抗方式に比べて容量駆動/センス方式が持つ一般的特徴である。

要約すると、本発明のデバイスは、機械振動部材、2つの電極及びトランジスタ構造で構成された超小型電気機械発振器で、発振器の周波数が機械振動子の振動周波数によって決まるようになっている。2つの電極は、好ましくは振動ビームまたは振動部材に対して互いに反対側に配置する。その一方の電極はトランジスタの入力に接続し、もう一方の電極はトランジスタの出力に接続する。静電駆

動と容量性検出を同時に行って、共振マイクロビーム歪み検出素子をその共振周波数で動作させる。

共振一体化マイクロセンサによって、センサ技術はデジタルエレクトロニクスの技術の遅れを取り戻すことができる。ほとんど全ての信号処理をデジタル化させた基本的な考え方は、2つの状態のどちらか一方を取る情報すなわちデジタル情報の方がアナログ信号よりも扱いやすく、情報精度を保ちやすいというものであった。RIMSデバイスは、この目標を、検出された変数をスイッチングされた信号に直接変換することによって、アナログ回路によって生じるドリフトの形の誤差をなくすことにより達成するものである。検出される情報はスイッチング周波数の形で記憶される。

このようなセンサの一例がRIMSセンサである。マイクロ機械加工技術による3次元シリコン微細構造の形成における最近の進歩の結果、真空封入マイクロビームの形成が可能となった。マイクロビームの共振周波数はその幾何学的特性及び機械特性によって決まり、その電気特性とは無関係である。しかしながら、共振周波数は、楽器の弦の調子が弛緩や緊張の程度によって変化するのと同様に、ビーム上の歪みが変わると変化する。センサ構造を通じてマイクロビームに結合される歪みは、全てセンサ出力の周波数の変化を生じさせる。この疑似デジタル信号は、緩衝増幅された後、複雑なアナログ デジタル (A/D) 変換を介することなく制御システムに直接供給される。マイクロビームとモノリシック状に形成される微細構造の設計によって誘導歪みは圧力、加速度、温度気流または湿度によって生じ得るが、必ずしもこれらのみによって生じるとは限らない。

シリコン共振マイクロビーム法では、優れた精度、安定性及びダイナミックレンジを達成することができる。RIMSデバイスは、100,000を超える極めて高いクオリティ (Q) 係数、及び長期にわたる周波数安定性 (数年経過後でも数 ppm (100 万分の1)) を示すということが実証されている。さらに、この種のセンサは、印加歪みによって大きな周波数遷移を示し ($\Delta f / f > 1400 * \Delta l / l$)、そのために優れたセンサ応答性が確保される。従って、RIMSセンサは、高い感度と空前の長期間の安定性でもって広いダイナミックレンジにわたり多数の物理変数及び環境変数を検出するために用いることができ、しか

もデジタル回路への直接入力信号が得られる。RIMS発振器では、周波数出力が直接得られるが、これは高性能デジタルセンサにとって非常に望ましいことである。電氣的周波数からデジタルデータへの変換はダイレクトカウンタ及び基準クロックによって行うことができる。この組合せは、一般に最も簡単で、最も正確かつ最も費用効果の高いアナログ-デジタル変換プロセスであると考えられている。さらに、可変周波数出力を、様々な距離にわたってエラーなしで伝送することができ、しかもドリフト、歪み及び外部干渉がほとんどない。共振センサは、本来的に検出変数を周波数に変換するので、従来のA/D変換方式に比べて簡単性、信頼性及び弁別性も改善される。固有のデジタル読み出し装置は、今日のデジタル制御システムに全く好適である。

共振センサは、長年にわたって高精度測定を行うために使用されてきた。RIMS方式は、RIMS構造は完全なモノリシックシリコン構造であって、付随的に他の材料（すなわち圧電材料、磁性材料または金属）を有しないので、水晶発振器のような他の共振センサに比して顕著な長所がある。RIMS構造は、通常高温（たとえば≒摂氏950℃）でアニール加工されて、通常のセンサ動作温度（-50℃乃至+150℃）以上の温度でクリープや応力緩和を生じることがなく、完全に安定になる。

図面の簡単な説明

図1 aは、シングルビーム、シングルトランジスタRIMSの電子回路の概略回路図である。

図1 bは、図1 aの電子回路の等価回路の回路図である。

図1 cは、バイポーラトランジスタを組み込んだトランジスタRIMSの電子回路の概略回路図である。

図2 aは、シリコン一体化回路に作り込まれたシングルトランジスタ・シングルビームRIMSの上面図である。

図2 bは、図2 aのデバイスのビームエレメントの側面図である。

図3は、RIMSのビームの運動と電子信号との間の位相関係を示す波形図である。

図4は、アースに容量結合された中心タップを有するフィードバック抵抗器を

(17)

示す。

図5 a及び5 bは、フィードバック抵抗器の他の2つの変形態様を示す。

図6は、翼状共振ビームを示す。

図7は、軽結合デュアルビーム共振器を示す。

図8 a及び8 bは、1本のビームの同じ側に配置されたセンス電極及び駆動電極の電子回路の概略回路図である。

図9 a及び9 bは、デュアルビームRIMSの構造及び電子回路を示す。

図10 a乃至10 dは、トリプルビームRIMSの構造及び電子回路を示す。

図11 a乃至11 cは、カンチレバービーム構造を示す。

図12 aは、閉ループカンチレバービーム構造の電子回路の概略回路図である。

図12 bは、開ループカンチレバービーム構造の電子回路の概略回路図である。

図12 cは、閉ループカンチレバーデュアルビーム構造の電子回路の概略回路図である。

図12 dは、開ループカンチレバーデュアルビーム構造の電子回路の概略回路図である。

実施形態の説明

図1 aは、トランジスタRIMSデバイス10の概略回路図である。その等価回路を図1 bに示す。共振マイクロビーム14は、基準電圧端子またはアースに電氣的に接続されているので、接地ビーム構造として図示してある。ビーム14の両側には静電駆動電極16及び容量性センス電極18が配置されている。センス電極18は、ビーム14とセンス電極18の間のキャパシタンスの変化を通してビーム14の運動または振動を検出する。その際、電極18とビーム14は、實際上、ビーム14の振動時にビーム14と電極18との間の距離に従って変化するキャパシタンス C_s の電極を形成する。ビーム14と電極18の間の関係を示す信号がFET26のゲート28に供給される。駆動電極16はドレイン24に接続されている。ドレイン24は回路10の出力35を構成している。出力35は、ビーム14を静電的に駆動して運動させ、その共振周波数での振動を持続

(18)

させるように、駆動信号を電極16に供給する。駆動電極16の構造及びそのビーム14との関係並びにこれに対応するキャパシタンス C_d は、ビーム14とセンス

電極18との関係に似ている。FET26のドレイン24は、負荷抵抗器32と負荷コンデンサ34が並列に接続されて構成された負荷インピーダンスの一端に接続されている。負荷インピーダンスの他端は電圧源 $V+33$ に接続されている。負荷抵抗器32と負荷コンデンサ34の値は、ビーム14の共振周波数範囲と関係し、この共振周波数範囲は、ビームに加わる正及び／または負の張力の一部左右される。回路10の出力35の信号はゲート28に供給されるその入力と位相が180度ずれている。これは、電極18と16がビーム14の反対側にあつて、実際上の容量性電極対14及び16と14及び18との距離関係が位相で180度ずれているからである。FET26のソース36は基準端子またはアース31に接続されている。フィードバックインピーダンス38は、一端がFET26のドレイン24に、他端がFET26のゲート28にそれぞれ接続されている。フィードバックインピーダンス38は、FET26がその性能特性の所望の範囲内で動作するように、一定の負帰還を与えて、FET26のゲートバイアスを安定化させる。フィードバック抵抗器38は、たとえば約 10^8 オームのオーダーの値を有する抵抗器を用いればよい。本発明は、電界効果トランジスタとの関連で説明する。しかしながら、本発明は、バイポーラトランジスタによっても、あるいは電界効果トランジスタとバイポーラトランジスタの組合せを用いても実施することが可能である。

図1cは、図1aと同様の回路15を示しており、回路15は、FET26ではなくバイポーラトランジスタ25を有するという点が、図1の回路と異なっている。すなわち、FET26のゲート28、ドレイン24及びソース36の代わりに、バイポーラトランジスタ25のベース29、コレクタ23及びエミッタ27がそれぞれ設けられている。

図2aは、トランジスタRIMSのレイアウト30の上面図を示し、図2bは、n形導電ビーム14、サブストレートまたは下層のエピタキシャルアイテム2

(19)

2中のp-n接合駆動電極16、及びシェル中のイオン注入センス電極18を有するRIMS構造20の断面を示す。これら2つの電極16及び18の役割は互いに取り替えることができるが、図2a及び2bの構成が選ばれたのは、電極16及びサブストレータ20のアースに対するキャパシタンスがより大きく、従って

この構成がビーム14を駆動するのにより適切であるためである。負荷キャパシタンス34は、大きなドレイン電極24を用いることによって意図的に大きくしてある。センス電極18は、アースに対するキャパシタンスを小さくすべきで、図示のように、隣接トランジスタのゲートに結合されたドーパされないポリシエル中の注入が浅くなっている。ポリシリコンの直流漏れ抵抗は、ドレイン24の電位でゲート28に直流バイアスを与えるが、負帰還によって交流利得を低下させるようなフィードバックキャパシタンスは与えない。ソース36及びドレイン23については、それぞれ拡散が行われる。

図2a及び2bに示す構成の特徴は、導電ビーム14がセンス電極と駆動電極16との間に接地平面を形成するということである。この接地平面の遮蔽作用によって、ビーム14の力学的運動と無関係な振動を生じさせる原因になると思われる容量結合による直接的電圧フィードバックが防止される。理想的に接地されたビーム14においては、ビーム14の物理的運動だけがセンスキャパシタンスを変化させ、ゲート28に交流電圧を生じさせる。

図3は、様々な構成部分における主要信号間の位相関係を示す。フィードバック抵抗器38はドーパされていないポリシリコンで形成することができ、約108オームという非常に大きい抵抗値を有し、トランジスタがその性能曲線の高利得領域におけるスレッシュホールドに近い低電流レベルでオンになるようにゲート28の直流電圧を設定する。変位xは、ビーム14が駆動電極16に向けて（図2aの下方に）変位したとき、正変位とする。正変位xは、センスコンデンサのギャップが増大するので、センスキャパシタンスの減少を意味する。図3には、RIMS発振器の様々な物理的、電気的作用の位相関係が示されている。曲線40は、変位xを表し、曲線41は速度xを表す。センスキャパシタンスに関する容

(20)

量変化は曲線42によって表されている。ここでは、振動期間中電荷が一定に保たれるよう、センス／ゲート電極のアースに対する交流インピーダンスは非常に高いものと仮定されている。従って、曲線42によって表されるキャパシタンス C_s の減少は曲線43によって表されるセンス電圧の増加を意味する。容量性負荷がない場合($C_L=0$)、曲線45によって表されるドレイン24の電圧、すなわち駆動電圧 V_D は、曲線43によって表されるセンス電圧と同じであるゲート電圧に対

して180度位相がずれることになる。また、このような条件下では、駆動電圧45は、曲線44によって表される駆動電流に対して位相が180度ずれる。しかしながら、実際のデバイスにおいては、容量性負荷34はゼロではないため、駆動電圧45は位相が遅れる。従って、曲線46によって表される駆動電圧45の容量成分は、ビーム14の速度41と同相になっており、ビーム14の振動を維持するために必要な条件に適う。図1bは、本発明の解析のための等価回路を示す。

この等価回路で使用される記号の意味は下記の通りである。

$$C_s = \frac{\epsilon_0 A_s}{h_s + x} \quad \text{: センス容量}$$

$$C_d = \frac{\epsilon_0 A_d}{h_d - x} \quad \text{= 駆動容量}$$

V_s = 直流センス電圧

V_d = 直流駆動電圧

\bar{v}_s = 複素センス電圧振幅

\bar{v}_d = 複素駆動電圧振幅

C_g = 有効ゲートキャパシタンス

C_L = 負荷キャパシタンス

G_d = ドレインコンダクタンス

G_L = 負荷コンダクタンス

(21)

Y_f =フィードバックアドミタンス (極微小)

m =マイクロビームの実効質量

k =マイクロビームの機械的剛性

$$r = \frac{m\omega_0}{Q} = \text{減衰係数}$$

q_s =センス電極上の電荷

q_d =駆動電極上の電荷

q_g =ゲート電極上の電荷

I_m =複素数の虚部

h_b =ビームの厚さ

基礎方程式は下記のように表される。

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = \frac{q_d^2}{2\epsilon_0 A_d} - \frac{q_s^2}{2\epsilon_0 A_s} \quad (1)$$

$$V_d = \frac{q_d}{C_d} = \frac{q_d(h_d - x)}{\epsilon_0 A_d} = \text{駆動コンデンサ電圧}$$

$$\bar{v}_d = -g_m \bar{v}_s Z_i \quad \text{小信号トランジスタの場合} \quad (2)$$

$$V_s = \frac{q_s}{C_s} = \frac{q_s(h_s + x)}{\epsilon_0 A_s} = \text{センスコンデンサ電圧}$$

$$q_g = -q_s \quad (\text{ほぼ保存電荷に等しい})$$

$$\therefore \bar{v}_s = \frac{C_s V_{so}}{(C_g + C_s)} \frac{x_1}{(h_s + x_1)} = \text{センス電圧} \quad (3)$$

最小Qでの解析においては、小信号の場合と仮定し、方程式1を $e^{j\omega t}$ 項で表すことにより、共振の条件を導出することができる。

$$(-m\omega^2 + j\omega r + k)x_1 = \frac{C_d^2 V_{do}}{\epsilon_0 A_d} \bar{v}_d - \frac{C_s^2 V_{so}}{\epsilon_0 A_s} \bar{v}_s$$

虚数項は次式で表される。

(22)

$$\omega r x_1 = \frac{C_d V_{d0}}{\epsilon_0 A_d} \text{Im}(\tilde{v}_d) \quad (4)$$

次に、上式(2)、(3)及び(4)を結合して、次式を得る。

$$\omega r x_1 = \frac{C_d V_{d0}}{(h_d - x_0)(C_g + C_s)(h_s + x_0)} \frac{C_s V_{s0} g_m \text{Im}(-Z_1)}{x_1}$$

共振のための条件を得るには、 $\omega = \omega_0$ 及び $r = \frac{m\omega_0}{Q}$ と置くと、

$$\frac{m\omega_0^2}{Q} = \frac{C_d V_{d0}}{(h_d - x_0)(h_s + x_0)} \frac{C_s V_{s0} g_m \text{Im}(-Z_1)}{(C_g + C_s)}$$

$x_0 \ll h_d, h_s$ と置くと、次式により Q の必要最小値が得られる。

$$Q_{\min} = \frac{(C_g + C_s) k h_d h_s}{C_d C_s V_{d0} V_{s0}} \frac{1}{g_m \text{Im}(-Z_1)}$$

$$Z_1 = \frac{1}{G_d + G_L + j\omega C_L} \quad \text{であるから、} \quad \text{Im}(-Z_1) = \frac{\omega C_L}{(G_d + G_L)^2 + \omega^2 C_L^2}$$

(方程式(5)では、 Y_f =ドレイン-ゲート間アドミタンスを介しての電氣的フィードバックは無視されていると言うことに留意すべきである。)

以下に、方程式(5)の数値解の例を示す。

$$C_g = C_s = C_d = C_0$$

$$h_s = h_d, \quad A_s = A_d = \frac{1}{2} A_b$$

$$h_d = h_s = h_b = h$$

$$V_{d0} = V_{s0} = V_0$$

$$k = m\omega_0^2 = \rho A_b h_b \omega_0^2$$

$$\omega_0^2 = \frac{42E h_b^2}{\rho L^4},$$

$$G_d + G_L = \omega C_L = g_0,$$

(24)

変位振幅 X_1 と関連づける方程式3が導かれる。その次の一群の方程式は、発信を維持するのに必要な力学的クオリティ係数 Q の最小値を表す方程式を直接導く仕方を示したものである。方程式5は、ギャップ間隙 h_g 及び h_d を小さくし、トランジスタの相互コンダクタンスを大きくし、電極バイアス電圧 V_{d0} 及び V_{s0} を高くすると、 Q の必要最小値が小さくなるということを示している。その次には、この方程式の利用例が示されている。

本発明においては種々の構成が実施可能である。図5 a乃至5 cはフィードバック抵抗器38のいくつかの等価回路の例を示したものである。図5 aのフィードバック抵抗器38は、約 10^8 オームで、無ドーピングポリシリコンを用いて実装することができ、好ましくは、アースへの高インピーダンス直流パスを避ける、特に高温における高インピーダンス直流パスの形成を避けるために、ポリシリコンを窒化物膜によって分離することが望ましい、ドレイン-ゲートのフィードバックを防ぐために、アースへの低交流インピーダンスパスを形成すべきである。窒化物膜のキャパシタンスは、図5 bに示すような分布キャパシタンス48を形成するが、図4に示すように、別途に負荷キャパシタンスを設けることが必要な場合もある。

顕著な利点を得ることが可能なもう一つのビーム構成52を図6に示す。構成52は、飛行機の翼のように両側にサイドプレート56及び53を配置して取り付けられたビーム54のねじりまたは曲げモードを利用するものである。駆動電極1

6及びセンス電極18は同じ側を向くように（すなわち、両方とも翼56及び53の上または下を向くように）配置されており、一方の側のコンデンサの容量が減少するときは、他方の側のコンデンサの容量が増加するようになっている。従って、位相関係は、図2におけるように電極16と18がビームの上下に配置されている場合と同じである。ビーム54及びビーム54の上部のシェルの局在領域は接地され、駆動電極16とセンス電極18との間またはゲート28とドレイン24との間に、所期の通りに、十分な電氣的絶縁が確保されるようになっている。前記の解析は構成52の場合にも当てはまる。潜在的に考えられる構成52の長所は、ビームの下側にp-n接合が不要であり、シェル上の同一平面電極が

FETに接続しやすく、駆動またはセンス電極キャパシタンスの所与の変化に対するビームの歪みエネルギーが小さく（歪み感度は低くなるが）、最終損失が小さくなる結果よりQが高くなるということである。

もう一つの実施形態55は、図7に示すように共面状の駆動電極16及びセンス電極18を用いたものである。この構成55では、音叉のように、端部の支持部を介して互いに弱く結合された2本のビーム57及び59が用いられる。反対称振動モードによって、一方のビームが上方に動くときは、他方のビームは下方に動き、また逆に一方のビームが下方に動くときは、他方のビームは上方に動くようになっている。すなわち、両ビームは互いに位相が180度ずれている。この場合にも前記の解析は当てはまり、センス電極16からの信号を増幅し、駆動電極に供給することによって、1つのトランジスタによって共振を維持することができる。

図8aには、もう一つの実施形態60が示されている。この実施形態においては、駆動電極16とセンス電極18がビーム62の同じ側に配置されており、駆動電極16とセンス電極18の2つのキャパシタンスが互いに同相で変化するようになっている。共振器60の駆動電圧は、前記のいくつかの実施形態の場合と位相が逆になっている。付加段64は、駆動電極16に必要な反転信号を得るためのものである。トランジスタ66及び68は、さらに180度の位相変化を与える電流ミラーを有するp-チャンネル金属酸化物半導体（PMOS）デバイスである。トランジスタ26は、同種のプロセスになるn-チャンネルトランジスタ

である。アースとトランジスタ68の間には負荷抵抗器及びコンデンサが接続されており、トランジスタ68と負荷抵抗器／コンデンサ70の間には駆動電極が接続されている。デバイス60の製造プロセスでは、相補形金属酸化物半導体（CMOS）技術を用いることも可能である。基本的なCMOSプロセスでは、n-チャンネル金属酸化物半導体（NMOS）技術プロセスに比べて余分の製造ステップが必要であるが、より高度の設計フレキシビリティが得られる。

センス電極18と駆動電極16と間の位相の同相性は、図8bの構成61におけるソースフォロワ18によって達成することができる。ソースフォロワ回路1

(26)

80の電圧利得は、この回路の電流利得または電力利得は、十分高いQを有する発振器にとって十分である。非常に高い値を有するバイアス抵抗器182が、トランジスタ180のドレインとゲートの間に接続され、これによってゲートバイアスを得ている。負荷抵抗器184は、負帰還を与えてバイアスを安定させる。負荷コンデンサ186は、発振に十分な正しい位相でビーム62を駆動するために遅相電圧成分を与える。トランジスタ180のゲートには、容量性センス電極18が、ソースには静電駆動電極16がそれぞれ接続されている。

図9aは、ダブルビーム共振一体化マイクロビームセンサ80の側断面図である。図示のデバイス80と前述のマイクロビームの実施形態との最も顕著な相違点は、複数ビーム構造にある。デバイス80はポリシリコンフィルムを用いてマイクロ機械加工することができる。サブストレータ82中には駆動電極76が設けられている。サブストレータ82に近接しては、下部キャビティ84があり、キャビティ84に近接しては、シリコン82の一体部分としてその両端部が固定された第1のマイクロビーム72が設けられている。また、第1のマイクロビーム72と平行に、ビーム72に背負わせた第2のマイクロビーム74が設けられている。マイクロビーム74は、マイクロビーム72と同じシリコン片からマイクロ機械加工された状態で両端部が固定されている。スリット状の中間キャビティ86がビーム72と74の間に形成されている。ビーム74に近接しては、電極79とビーム74を覆うシェル90の一体部分をなすセンス電極78が設けられている。センサ78とビーム74との間には上部キャビティ88が設けられている。シェル90は、キャビティ88に完全な密封性を与える。キャビティ84、86

及び88は排気されて、共通の真空チャンバを形成する。

図9bは、ダブルビームRIMS80の電子シフトレジスタを示す。駆動電極76は、でマイクロビーム72をその共振周波数のあるモードで振動させる駆動電圧信号を有する。ビーム74はビーム72との機械的結合を介して同じ周波数で振動する。ビーム72及び74はアースに接続されている。共振周波数の値は、ビーム72及び74に作用する縦方向張力の大きさを示し、圧力、加速度ある

(27)

いはその他の物理量の測定値を示すことができる。センス電極78はマイクロビーム74に近接して設けられており、マイクロビーム74の振動を電氣的に検出し、振動指示信号をn-チャンネルトランジスタ92へ送る。トランジスタ92は、振動指示信号を増幅し、その増幅された信号は、カップリングコンデンサ94によってp-チャンネルトランジスタ96及びn-チャンネルトランジスタ98を有するプッシュプル増幅器に結合される。トランジスタ98のドレイン及びトランジスタ98のドレインの共通接続点が出来108になっており、この出力108は駆動電極76に接続されている。トランジスタ92のゲートは高インピーダンスフィードバック抵抗器102に接続されている。抵抗器102は、トランジスタ92のゲートに接続されている。抵抗器102の値は、トランジスタ92のバイアスが線形範囲に維持されるような値になっている。負荷抵抗器104及び負荷コンデンサ106は互いに並列に接続されていて、トランジスタ92のドレインを正(5~12ボルト)電源V+に接続する。抵抗器104及びコンデンサ106の値は、マイクロビーム72及び74の共振周波数によって決まる。

図10a乃至10dは、トリプル共振一体化マイクロビームセンサ100を示す。図10aはRIMS100の構造の側面図である。デバイス100はシリコンまたは他の同様の加工可能材料からマイクロ機械加工によって製造することができる。サブストレータ110中には、センタービーム120に近接して、これを駆動する駆動線または電極116が設けられている。また、サブストレータ110中にはエッジビーム122に近接して、これを検出するセンス電極114、及びエッジビーム124に近接して、これを検出するセンス電極118が設けられている。これらの電極は、断面図の切断位置の故に図10aには示されていないが、図10aを90度回転させて切断した断面図である10bには描かれている。

駆動及びセンス線114、116及び118の近傍には下部キャビティ126が形成されている。センス線に近接してその上部には、同じシリコン層または面132中にあるマイクロビームセグメント120、122及び124が設けられている。ビーム120は図10aに図示されている。図10b及び10cは、ビー

ム120、122及び124の物理的關係を示す。ビーム120、122及び124に近接しては、上部キャビティ128が設けられている。これらの全体、すなわち下部キャビティ126及び上部キャビティ128の上部には、これらを密閉し、ビーム120、122及び128を封止するシェル130が設けられている。キャビティ126及び128は真空中に保たれる。ビーム120、122及び124は、各トリプルマイクロビームの両端部が固定されている。センタービーム120は、通常エッジビーム122及び124の各々の幅の2倍の幅を有する。ビーム120、122及び124は、スリット134によって互いに、また部分的に層132と分離されている。エッジビーム122及び124は互いに同相に、またセンタービーム120と180度の位相ずれをもって振動する。エッジビーム122及び124はセンタービーム120からの振動を機械的に結合する。ビーム120、122及び124の共振周波数はこれらのビームの取付端部を介してこれらのビームに作用する張力によって変化する。この張力は測定しようとする物理現象の大きさと関係し、ビームの共振周波数の値によって指示される。

図10dは、トリプルビームRIMS100の電子回路の概略回路図である。センス電極114及び118はn-チャンネルトランジスタ136のゲートに接続されている。駆動電極116はトランジスタ136の出力及びドレインに接続されている。トランジスタ136のゲートとドレインの間には高抵抗フィードバック抵抗器138が接続されている。負荷抵抗器140は負荷コンデンサ142と並列に接続されている。抵抗器140及びコンデンサ142は、トランジスタ136のドレインを正電圧電源V+に接続し、可変の出力レベルを設定する。

図11a及び11bは、一端だけがサブストレート152に結合された構造のマイクロビーム144を示す。このようなマイクロビーム構造150は、マイクロビーム構造150の共振周波数とその温度との関係で変化するので、温度センサとしての用途を有する。マイクロビーム構造150は、前述の電気機械式フィ

ルタとしても用いることができる。サブストレート152中には、カンチレバービーム144を駆動するための駆動電極146が設けられている。カンチレバー

ビーム144はアースに接続されていて、駆動電極146と関係したキャパシタンスを有する電極を形成し、このキャパシタンスはビーム144と電極146の間の距離に応じて変化する。この距離はビーム44が運動あるいは振動するに従って変化する。ビーム144は、層154と同じ材料でギャップ156を置いて形成されている。ビーム144と駆動電極146との間には下部キャビティ158が設けられている。ビーム144の上部には、上部キャビティ164と共にシェル162が設けられている。ビーム144は上部キャビティ164及び下部キャビティ158の空間の真空中に置かれている。センス電極148はシェルに配置されていて、ビーム144と関係したキャパシタンスを有し、このキャパシタンスはビーム144と電極146との間の距離に応じて変化する。図11aは、ビーム144の上のシェル162を除いて層154の面を示したもので、カンチレバービーム144を形成するギャップ156が示されている。

図11cは、ギャップ170によって形成され、サブストレート172上に互いに側方に配置された2本のカンチレバービーム166及び168を有する構成160を示す。これらの対状のカンチレバービーム166及び168は、互いに機械的に結合されていて、駆動電極176がビーム166を駆動すると、ビーム166はその振動をビーム168に結合し、ビーム168が振動して、その振動がセンサ電極178によって検出される。電極176及び178はサブストレート172中に設けられている。図11cの構成160は、図11a及び11bの構成150と同様のシェルと上部及び下部チャンバを有する。

図12aは、温度センサとして用いられるシングルカンチレバービーム144に付随した電子回路の概略回路図である。この電子回路は、図1aの電子回路と類似している。ビーム144は駆動電極146によって駆動され、その振動が電極148によって検出される。ビーム144の共振周波数が、温度に応じて弾性率の僅かな変化により変化するの、温度指示器として用いられる。

図12bのデバイスはビーム144の共振周波数のフィルタである。濾波しようとする信号は駆動電極146に供給されて、ビーム144を励振する。ビーム

144の共振周波数以外の周波数を有する信号はほとんどビーム144を振動さ

(30)

せず、従ってセンス電極148により検出される信号は無視できるほど弱い。ビーム144の共振周波数である周波数を有する信号はビーム144を容易に駆動して共振させ、センス電極によって有意の信号が検出され、付随の電子回路によって増幅される。

図12cは、デュアルカンチレバービームとその付随電子回路の概略回路図を示す。図示の電子回路の出力は、ビーム166をビーム166の装置温度に応じて変化する共振周波数で駆動する。ビーム166の振動は、機械的結合を介してビーム168を駆動し、ビーム166と同じ周波数で共振させる。ビーム168の振動はセンス電極178によって検出され、センス電極178は電子回路にその信号を入力する。電子回路の出力は駆動電極176に送られてビーム166の振動を、従ってビーム168の振動を持続させる。電荷176及び178はビーム166及び168の同じ側にある。ビーム166及び168は互いに180度の位相差で振動し、検出された信号は単に増幅されるだけでなく、反転されて駆動電極176へ送られる。

図12dには、デュアルマイクロビームフィルタセンサが示されている。このビーム構成は、駆動電極176が濾波しようとする信号を受け取るという点で電子回路と電極176及び178との接続関係が異なる以外は、図12cの構成と同様である。このデバイスはビーム166の共振周波数のフィルタである。濾波しようとする信号は駆動電極176に供給されてビーム166を駆動する。ビーム166の共振周波数以外の周波数を有する信号はほとんどビーム166を振動させず、従って機械的結合を介してのビーム168の振動は無視可能なほど弱いか、存在せず、センス電極178によって検出される信号は無視できるほど弱いか、あるいは全く検出されない。ビーム166の共振周波数である周波数を有する信号はビーム166を容易に駆動して共振させ、その振動がビーム168に結合されて、共振させる。その振動はセンス電極178によって検出され、その検出された信号はトランジスタ26のゲートに入力されて増幅される。ドレイン24に生じる出力は通過帯域の信号で、ビーム166及び168の共振周波数の信号である。図12a及び12cの温度検出構成の電子回路は図1aの構成10の

(31)

電子回路と同様である。図12b及び12dのフィルタ構成の電子回路も、同様に図1aの構成10の電子回路と類似しているが、ただし、図12a及び12cの電子回路は単なるビームの検出振動の増幅器であって、ビームの振動を維持するための発振器は不要であるから、負荷コンデンサ34は不要であり、組み込まれていない。

(32)

【図1 a】

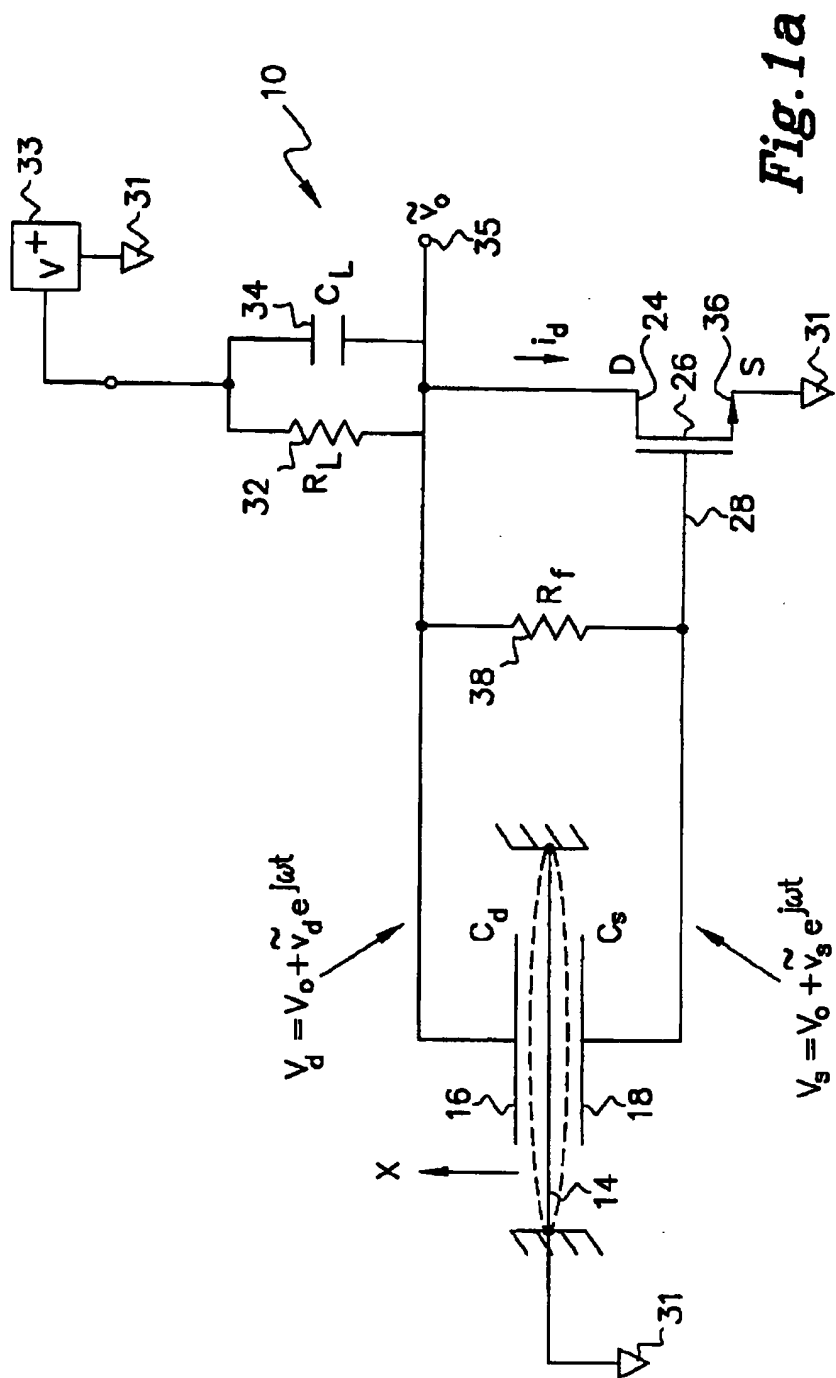


Fig. 1a

(33)

【图1】

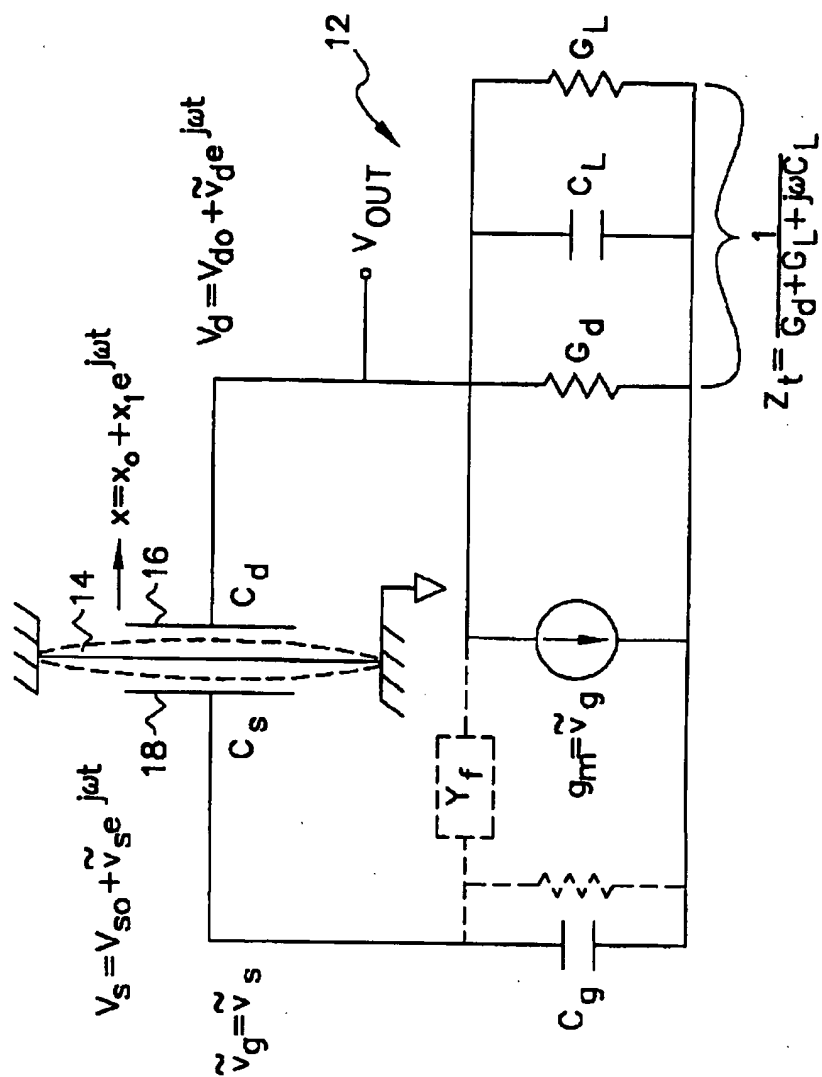


Fig. 1b

(34)

【图 1】

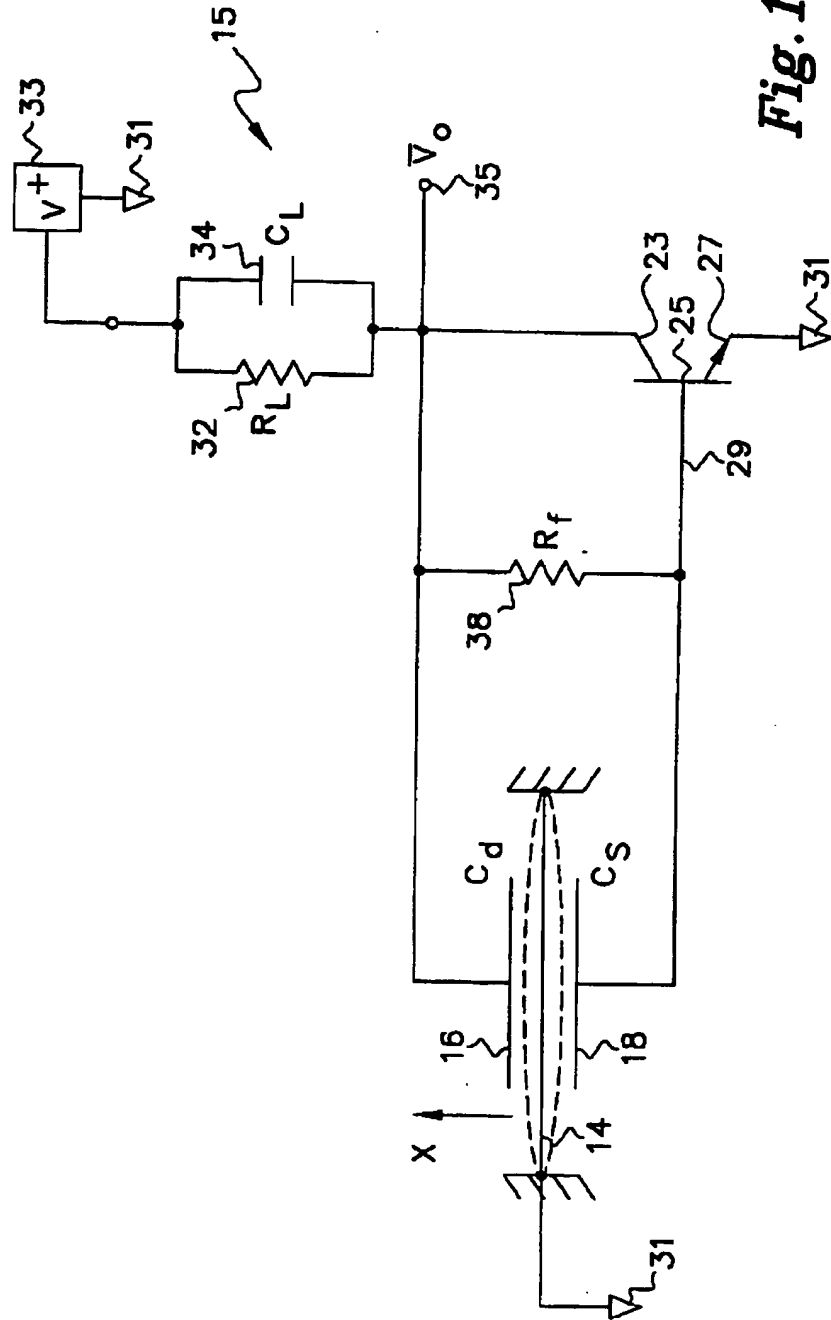


Fig. 1c

(35)

【図2】

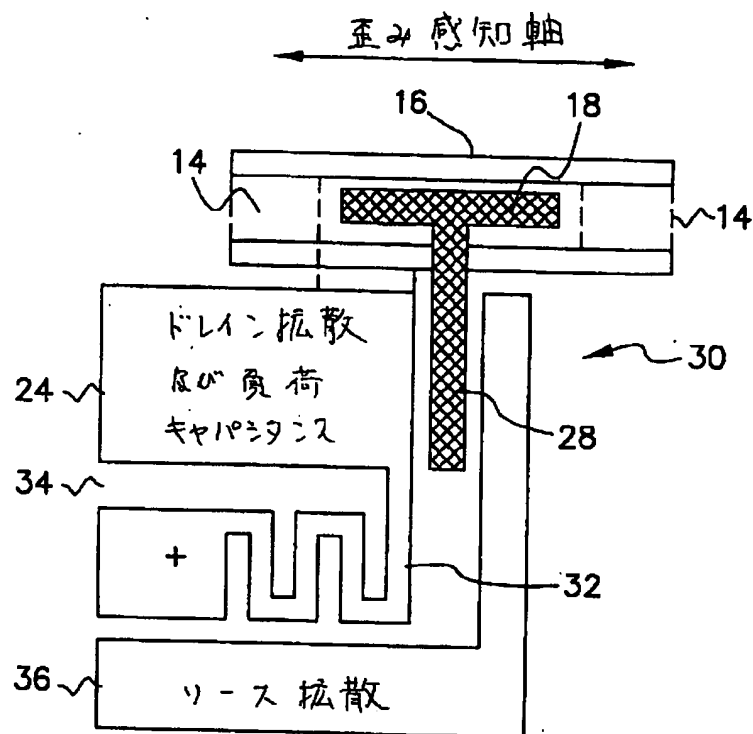


Fig.2a

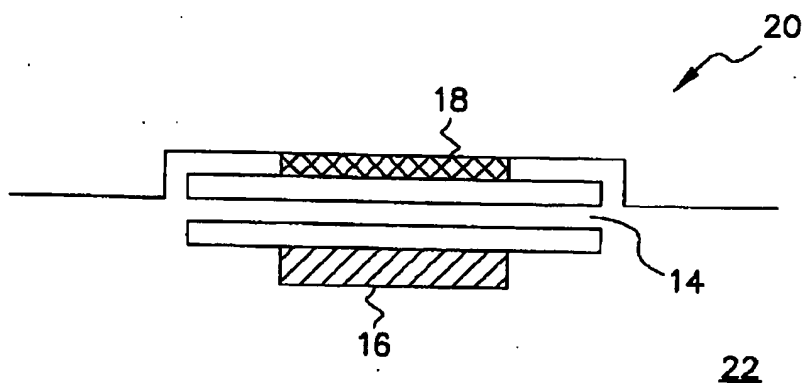


Fig.2b

(36)

【図3】

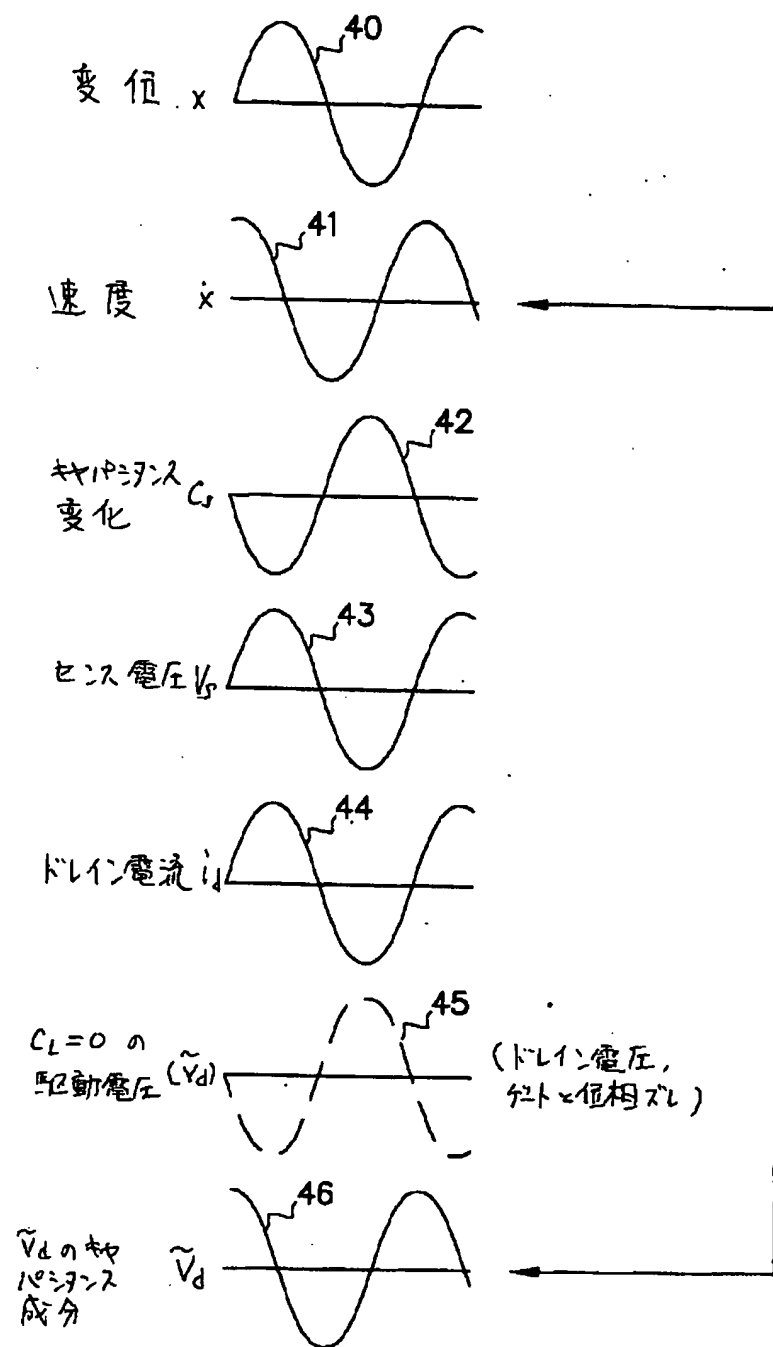


Fig.3

(37)

【图4】

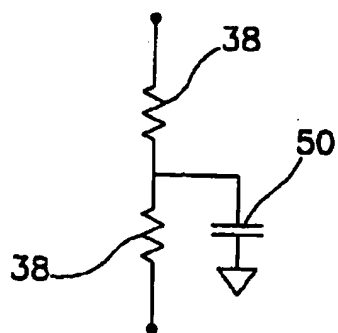


Fig.4

【图5】

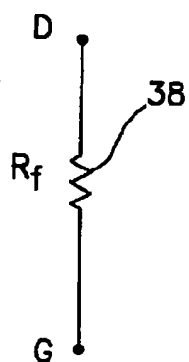


Fig.5a

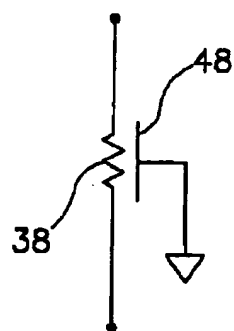


Fig.5b

【图6】

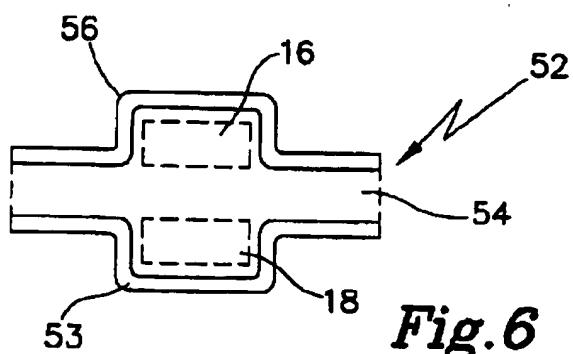


Fig.6

(38)

【図7】

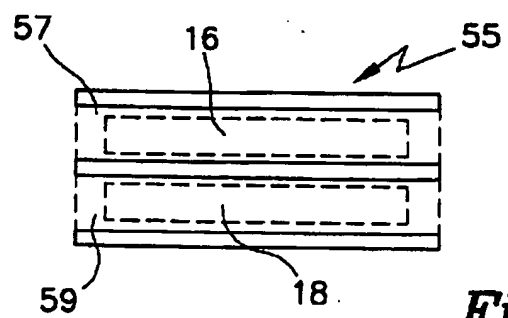
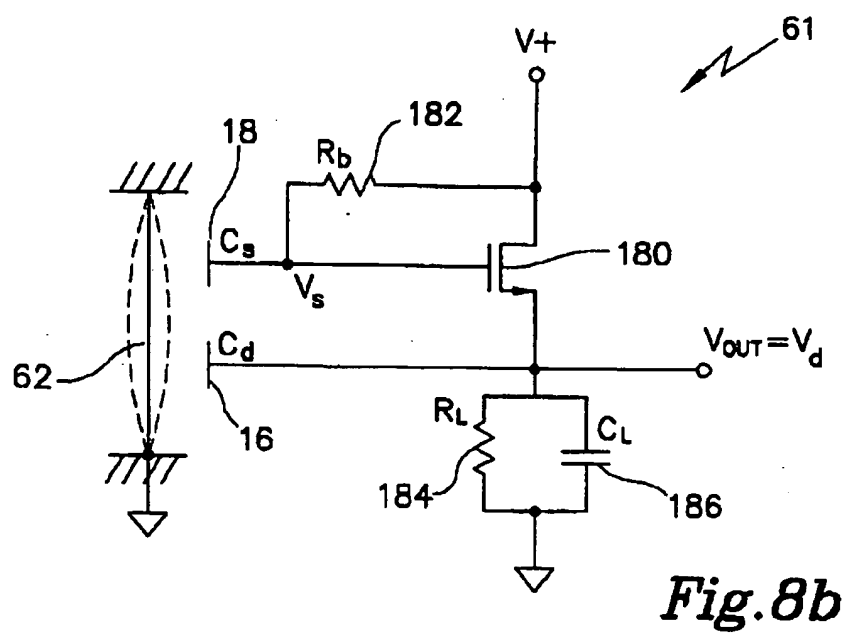
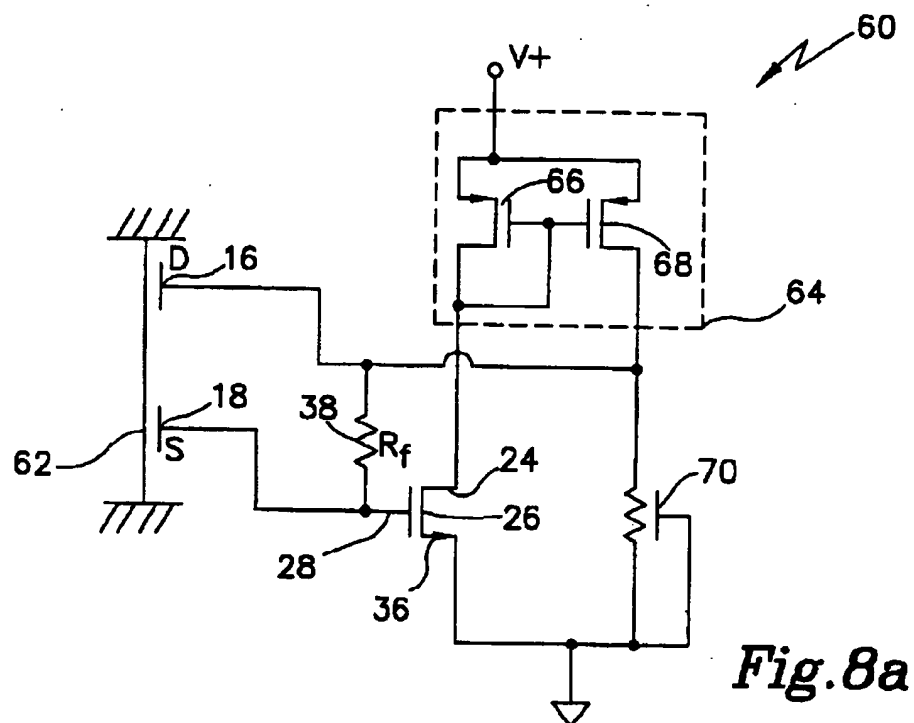


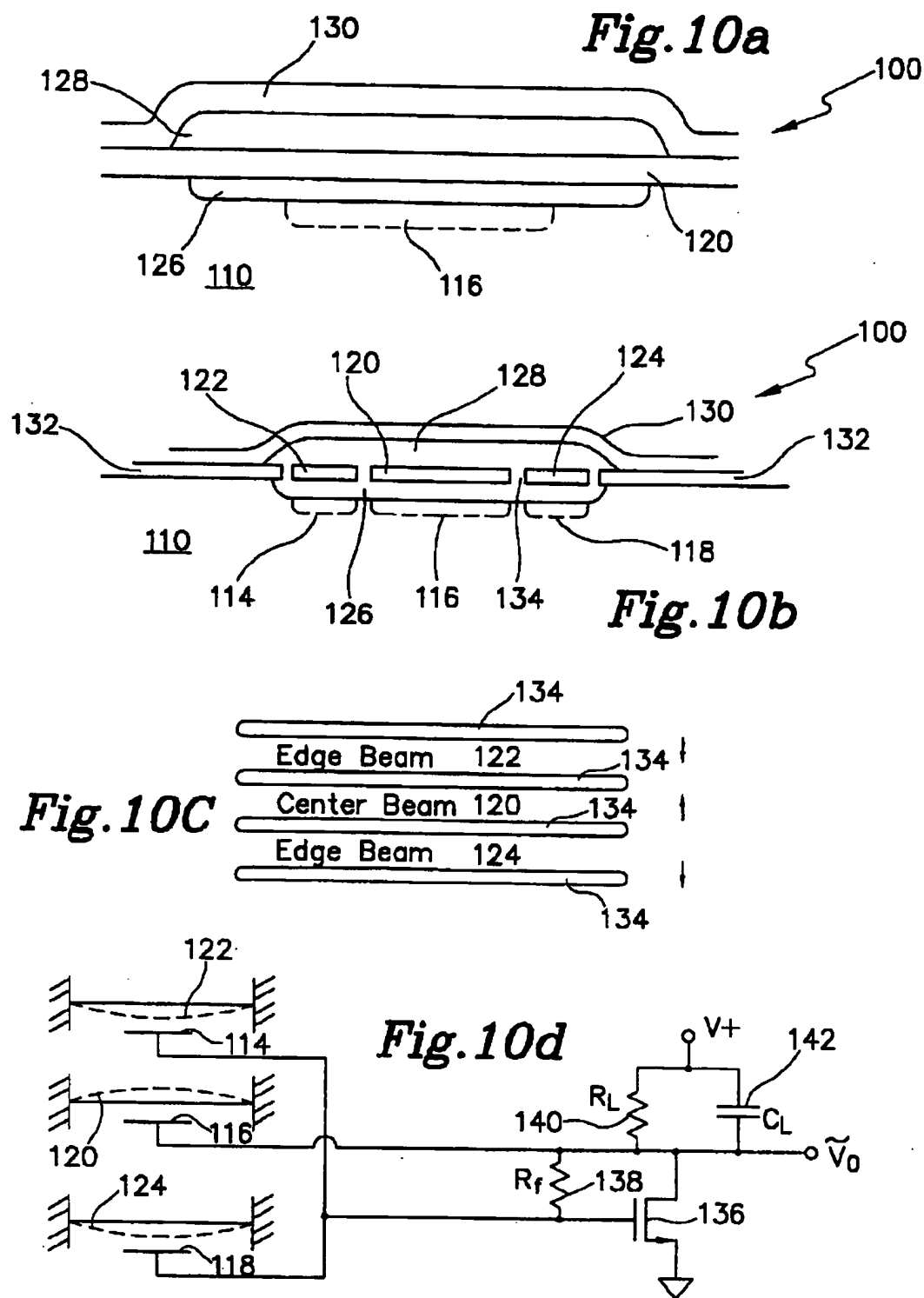
Fig. 7

【图 8】



(41)

【図10】



(42)

【図11】

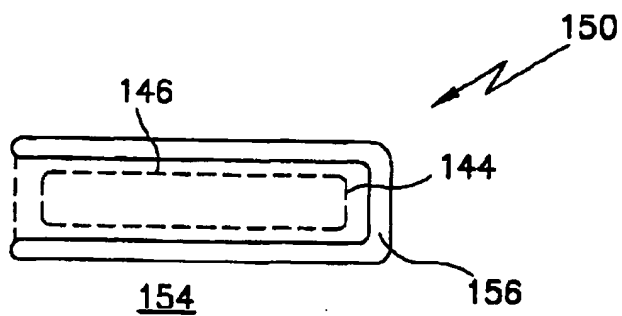


Fig. 11a

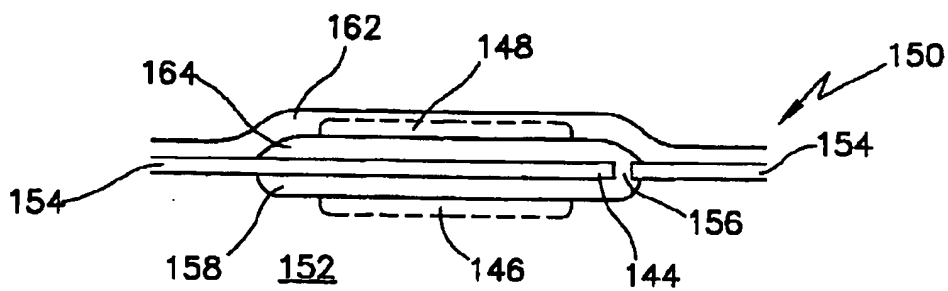


Fig. 11b

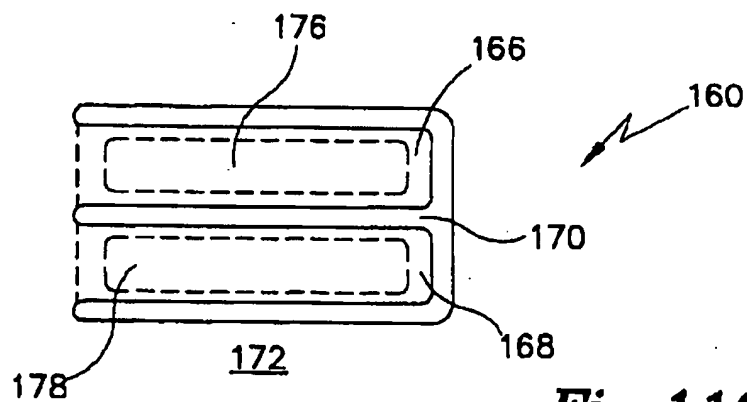


Fig. 11c

(43)

【図12】

Fig. 12a

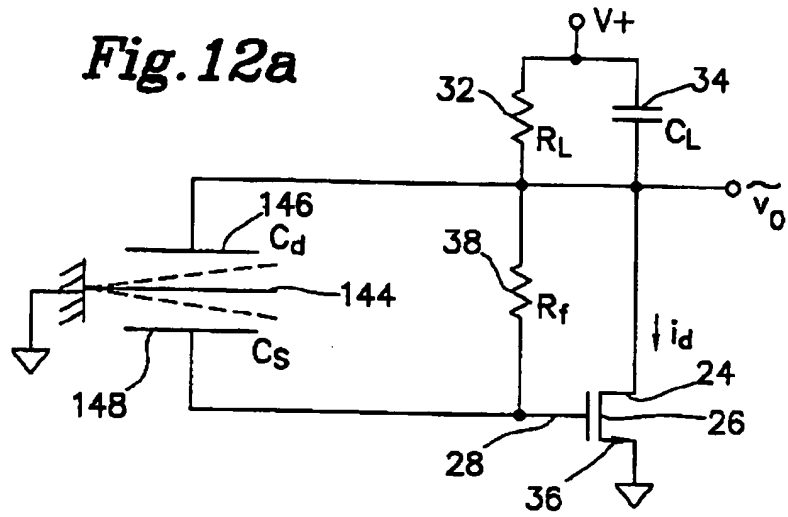


Fig. 12b

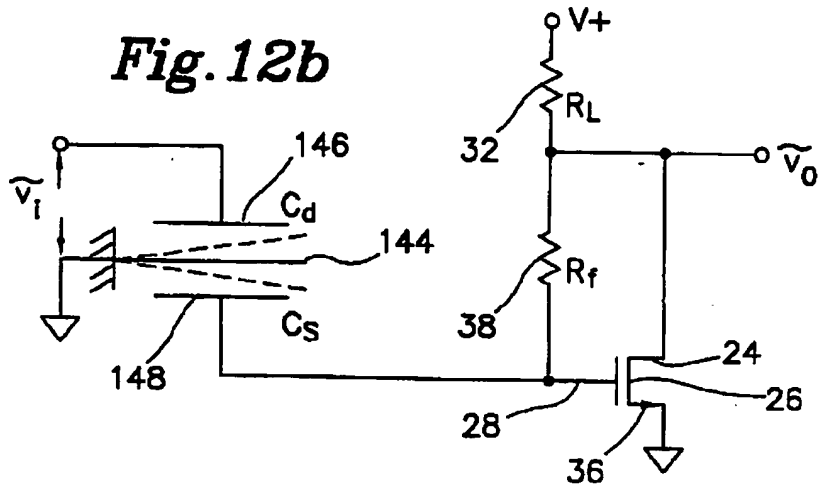
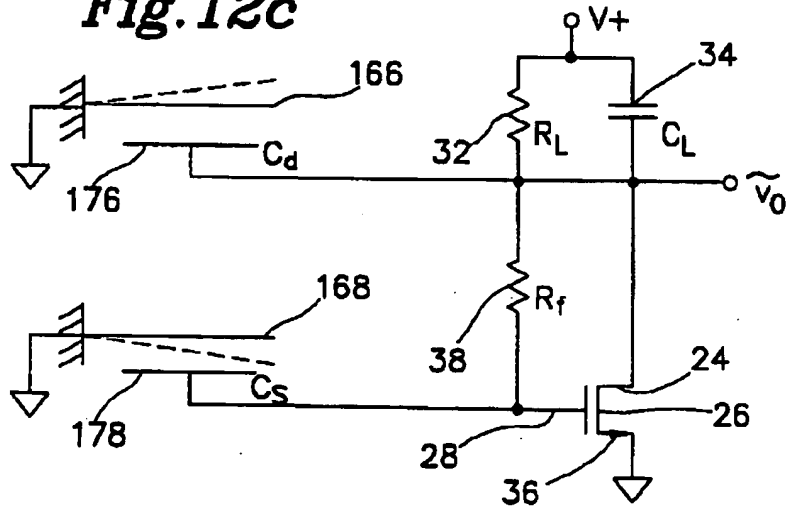


Fig. 12c



(44)

【図12】

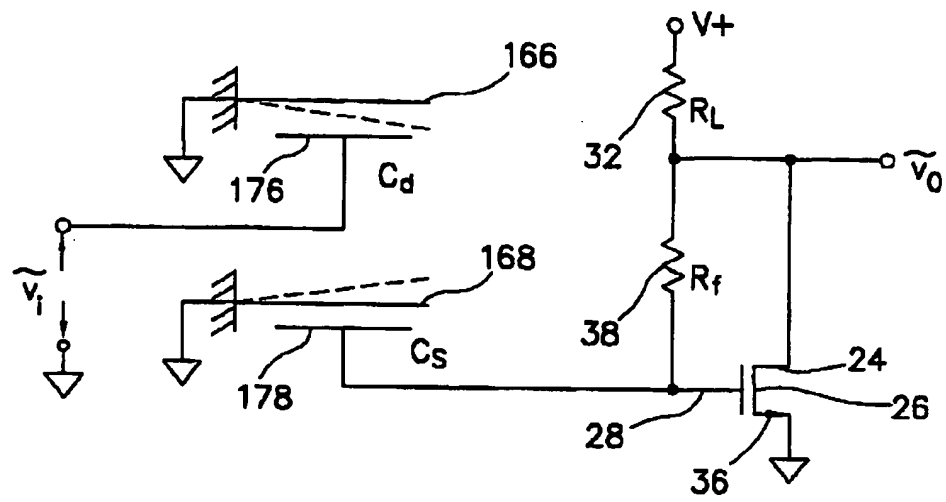


Fig.12d

(45)

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Appl. No.
PCT/US 95/16441

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G01L9/00 G01L1/10 G01P15/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G01L G01P		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US,A,5 275 055 (J.D. ZOOK ET AL.) 4 January 1994 cited in the application	1,34
X	see column 9, line 14 - column 10, line 45; figures 12,7,11 ---	8,9,39, 49
Y	SENSORS AND ACTUATORS A, vol. A45, no. 1, October 1994, LAUSANNE CH, pages 67-84, XP000444712 H.A.C. TILMANS ET AL.: "ELECTROSTATICALLY DRIVEN VACUUM-ENCAPSULATED POLYSILICON RESONATORS. PART II. THEORY AND PERFORMANCE." see the whole document ---	1
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
11 April 1996		25.04.96
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 631 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Van Assche, P

(46)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Appl. No.
PCT/US 95/16441

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB,A,2 115 551 (ITT INDUSTRIES LIMITED) 7 September 1983	8-10,39, 40
Y	see the whole document	10
Y	--- SENSORS AND ACTUATORS A, vol. A27, no. 1/3, May 1991, LAUSANNE CH, pages 591-595, XP000216801 C. LINDER ET AL.: "CAPACITIVE POLYSILICON RESONATOR WITH MOS DETECTION CIRCUIT" see the whole document	10
X	--- US,A,4 901 586 (G.A. BLAKE ET AL.) 20 February 1990 see column 5, line 18 - line 27; figures 1,8	19,41,42
Y	--- DE,A,43 00 893 (ROBERT BOSCH GMBH) 21 July 1994 see the whole document -----	34

(47)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 95/16441

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-5275055	04-01-94	WO-A- 9507448 AU-B- 4850293	16-03-95 27-03-95
GB-A-2115551	07-09-83	US-A- 4503715	12-03-85
US-A-4901586	20-02-90	CA-A- 2010242 CN-A- 1054485 DE-D- 69009340 DE-T- 69009340 EP-A- 0412140 JP-T- 3501529 WO-A- 9010205	27-08-90 11-09-91 07-07-94 05-01-95 13-02-91 04-04-91 07-09-90
DE-A-4300093	21-07-94	NONE	

【要約の続き】

マイクロビームのジオメトリを実施するのに必要な電子回路を負荷することによって、センサの種々の変形態様を実施することが可能である。このトランジスタ共振マイクロビームセンサにはさらにセンス及び／または駆動電極及びビームを付加し、作り込むこともできる。

【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成15年2月18日(2003.2.18)

【公表番号】特表平10-512046

【公表日】平成10年11月17日(1998.11.17)

【年通号数】

【出願番号】特願平8-519301

【国際特許分類第7版】

G01L 1/10

G01P 15/10

【FI】

G01L 1/10

G01P 15/10

手続補正書

平成 14 年 9 月 19 日

特許庁長官様

1. 事件の表示 平成8年特許願第519301号
(国際出願番号) PCT/US95/16441

2. 補正をする者
名称 ハネウエル・インコーポレーテッド

3. 代理人
住所 東京都千代田区永田町2丁目4番2号
秀和ビル8階

山川国際特許事務所内

電話 (3580) 0961

氏名 (0402) 弁護士 山川 成 樹



4. 補正対象書類名 請求の範囲

5. 補正対象項目名 請求の範囲

6. 補正の内容 請求の範囲を、別紙の通り補正する。

請求の範囲

1. サブストレート中に設けられ、基準端子に接続されているドームで、第1の端部及び第2の端部がサブストレートに固定され、測定しようとする物理パラメータの大きさに応じたサブストレートの曲げによって生じる引張または圧縮が前記第1の端部と第2の端部との間に作用し、その引張または圧縮に応じて変化する共振周波数を有し、その共振周波数が物理パラメータを指示するビームと;

前記ビームが振動して、そのビームとの間の距離が前記共振周波数と同様に変化し、その結果ビームとの間の第1のキャパシタンスがそのビームとの間の距離に逆比例して変化するようビームの第1の側に設けた第1の電極と;

前記ビームの第1の側に設けられていて、そのビームとの間の距離がビームと前記第1の電極との間の距離に比例して変化し、ビームとの間の第2のキャパシタンスが前記第1のキャパシタンスと同様に変化する第2の電極と;

入力が前記第1の電極に接続され、出力が前記第2の電極に接続されたノニインバータと;

を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造であって、

前記ノニインバータは:

前記第1の電極に接続された第1の端子、前記基準端子に接続された第2の端子、及び第3の端子を有する第1のトランジスタと;

入力端子が前記トランジスタの第3の端子に接続され、出力端子が前記第2の電極に接続されたインバータと;

を具備することを特徴とするトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

2. サブストレート中に設けられ、基準端子に接続された第1のビームで、第1の端部及び第2の端部がそのサブストレートに固定され、測定しようとする物理パラメータの大きさに応じたそのサブストレートの曲げによってその第1の端部と第2の端部との間に引張または圧縮が作用し、その引張または圧縮に応じて決まる共振周波数を有し、その共振周波数が前記物理パラメータを指示する第1のビームと;

その第1のビームに近接して設けられ、その基準端子に接続された第2のビームで、第1の端部及び第2の端部が第1のビームの第1及び第2の端部に固

(2)

3

定され、第1のビームと平行にかつ第1のビームから一定距離を隔てて配置され、第1のビームと同様の引張または圧縮が作用し、第1のビームが振動すると、その第1のビームと同じ共振周波数で振動し、かつ第1のビームに対して位相が180度ずれて振動するようにして第1のビームに機械的に結合された第2のビームと；

その第2のビームに近い側である前記第1のビームの第2の側と反対の第1のビームの第1の側に近接して設けられた第1の電極で、第1のビームが振動するとき第1のビームに対して変化する第1の距離を有し、第1のビームの共振周波数で前記第1の距離に逆比例して変化する第1のビームとの間の第1のキャパシタンスを有する第1の電極と；

前記第1のビームに近い側である前記第2のビームの第2の側と反対の第2のビームの第1の側に近接して設けられた第2の電極で、第2のビームが振動するとき第2のビームに対して変化する第2の距離を有し、第2のビームの共振周波数で前記第2の距離に逆比例して変化する第2のビームとの間の第2のキャパシタンスを有する第2の電極と；

入力が前記第2の電極に接続され、出力が前記第1の電極に接続されたノンインバータと；

を具備したトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造であって、

前記ノンインバータが；

前記第2の電極に接続された第1の端子、前記基準端子に接続された第2の端子、及び第3の端子を有する第1のトランジスタと；

その第1のトランジスタの第3の端子に接続された第1の端子及び第1の電圧端子に接続された第2の端子を有する負荷インピーダンスと；

入力端子が第1のトランジスタの第3の端子に接続され、出力端子が前記第1の電極に接続されたインバータと；

を具備することを特徴とするトランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

3. サブストレート中に設けられた振動することが可能な第1のビームと；

そのサブストレート中に第1のビームに近接して設けられた振動することが可能な第2のビームと；

4

前記サブストレート中に前記第2のビームに近接して設けられた振動することが可能な第3のビームと；

前記第1のビームに近接し、第1のビームに対して第1のビームの振動運動に応じて変化する値のキャパシタンスを有する第1の電極と；

前記第2のビームに近接し、第2のビームに対して第2のビームの振動運動に応じて変化する値のキャパシタンスを有する第2の電極と；

前記第3のビームに近接し、第3のビームに対して第3のビームの振動運動に応じて変化する値のキャパシタンスを有する第3の電極と；

入力が前記第1及び第3の電極に接続され、出力が前記第2の電極に接続されたインバータと；

を具備し、

前記第1、第2及び第3のビームの端部が前記サブストレートに固定され、かつ基準端子に接続されており、是延期第1、第2及び第3のビームの端部に加えられるある大きさを有する物理現象によって生じる引張または圧縮との関係で変化する共振周波数を有し、その共振周波数が物理現象の大きさを指示する；トランジスタ共振一体化マイクロビーム構造。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.